

**WIRTSCHAFTSGEOLOGISCHE BESTIMMUNGSGRÜNDE
DER BAUWÜRDIGKEIT VON KOHLEN IM KERMAN-
BECKEN/IRAN**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs Geowissenschaften
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Dipl. Ing. Bijan Montasser-Kouhsari
aus Lahidjan/Iran

Berlin 1976

**WIRTSCHAFTSGEOLOGISCHE BESTIMMUNGSGRÜNDE
DER BAUWÜRDIGKEIT VON KOHLEN IM KERMAN-
BECKEN/IRAN**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
des Fachbereichs Geowissenschaften
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Dipl. Ing. Bijan Montasser-Kouhsari
aus Lahidjan/Iran

Berlin 1976

Berichterstatter: Professor Dr. Dr. W. Gocht

Professor Dr. Ing. H. Sukowski



vorgelegt am: 21. 4. 1976

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 5. 1976

Druck: Zentrale Universitätsdruckerei, V a A 4

Vorwort

1.	Einleitung und Zielsetzung	1
1.1.	Geographische Übersicht	2
1.2.	Historischer Überblick über Kohlevorkommen und Bergbau im Kohlenbecken von Kerman	5
1.3.	Arbeitsmethodik	6
2.	Regionalgeologie des Kohlenbeckens von Kerman	8
2.1.	Stratigraphische Abfolge und lithologische Ausbildung der Gesteinsserien	9
2.1.1.	Lias (I_1)	9
2.1.2.	Dogger (I_2)	11
2.1.3.	Malm (I_3)	13
2.1.4.	Übergang Malm-Unterkreide (I_3-K_1)	13
2.1.5.	Mittlere Kreidegruppe (K_2)	13
2.1.6.	Oligozän-Miozän ($T_O - T_M$)	14
2.1.7.	Die Quartärablagerungen (Q)	14
2.2.	Lithologische Ausbildung der Kohlenflöze führenden unteren Khumrudserie (I_{2gm_1})	14
2.3.	Unterteilung der Kohlenflöze von Babnizu	20
2.3.1.	Flöz D_2	20
2.3.2.	Flöz D_5^u und D_5^o	22
2.3.3.	Flöz D_6^u und D_6^o	22
2.4.	Unterteilung der Kohlenflöze von Pabdana	23
2.4.1.	Flöz D_2	23
2.4.2.	Flöz D_3	24
2.4.3.	Flöz D_4	25
2.4.4.	Flöz D_5	26
2.4.5.	Flöz D_6	26
2.4.6.	Flöz D_9	27
2.4.7.	Flöz D_{11}	27

	<u>Seite</u>
3. Wirtschaftsgeologische Parameter zur Lagerstättenbewertung	29
3.1. Lagerstättenbedingte Faktoren (geologisch-lagerstättenkundliche Parameter)	29
3.1.1. Teufenlage und Neigung der Flöze	29
3.1.2. Beschaffenheit des Nebengesteins (Hangendes und Liegendes)	30
3.1.3. Flözmächtigkeit (Schachtanlage Babnizu)	33
3.1.4. Tektonische Einflüsse in der Schachtanlage Babnizu (Versetzungsbeträge der Flöze)	33
3.1.5. Qualitätsmerkmale	37
3.1.5.1. Elementaranalyse der Kohle	37
3.1.5.2. Kohlenpetrographische Zusammensetzung	40
3.1.5.3. Kohlenarten	43
3.1.5.4. Schwefelgehalt	49
3.1.5.5. Phosphorgehalt	53
3.1.5.6. Flüchtige Bestandteile	54
3.1.5.7. Bläheigenschaften (Plastometrie)	59
3.1.5.8. Heizwert	62
3.1.5.9. Aschegehalt und Zusammensetzung der Asche	64
3.1.5.10. Feuchtigkeitsgehalt	66
3.1.6. Sonstige interne Faktoren Staub (Explosions-, Silikosegefahr)	68
3.2. Lagerstätten unabhängige Faktoren (externe Parameter)	71
3.2.1. Hydrogeologische Verhältnisse der Lagerstätten Babnizu und Pabdana	71
3.2.2. Verwitterungszonen	75
3.2.3. Geothermische Verhältnisse	78
3.3. Technologische Faktoren	80
3.3.1. Wahl der Abbauverfahren	80
3.3.1.1. Ausrichtung	82
3.3.1.2. Vorrichtung	83
3.3.1.3. Abbau	85
3.3.2. Möglichkeiten der Kohleaufbereitung	94
3.3.3. Möglichkeiten der Kohleverkokung	99

		<u>Seite</u>
4.	Wertung der wirtschaftsgeologischen Parameter	101
4.1.	Rangfolge der wirtschaftsgeologischen Parameter nach dem Einfluß auf Kosten und Erlöse	101
4.2.	Qualitätsgrenzen für abbauwürdige Reserven	101
4.3.	Verteilung der Kohlenreserven im Kohlenbecken von Kerman	102
5.	Zusammenfassung	107
6.	Literaturübersicht	109



Digitized by the Internet Archive
in 2026

VORWORT

Die vorliegende Arbeit über die wirtschaftsgeologische Bewertung von Kohlenflözen im Kerman-Becken entstand unter Anleitung meines verehrten Lehrers Herrn Prof. Dr. Dr. W. Gocht vom Institut für Geologie der Freien Universität Berlin.

Für seine Anleitung und Förderung bei Besuchen in Babnizu und Teheran und seine Betreuung bei der schriftlichen Ausarbeitung der Ergebnisse in Berlin möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken.

Herr Prof. Dr. Ing. H. Sukowski vom Institut für Bergbauwissenschaften der Technischen Universität Berlin stand dankenswerterweise für zahlreiche Beratungen und wertvolle Hinweise zur Verfügung.

Herr Dipl. Math. H. Burger vom Institut für Geologie der Freien Universität Berlin hat mir bei der mathematischen Verarbeitung geholfen, wofür ich ihm hier danken möchte.

Für die großzügige finanzielle Unterstützung und Arbeitserlaubnis bedanke ich mich besonders bei Herrn Dr. Sheibani, dem Präsidenten der NISC, Teheran, bei Herrn Dipl. Ing. Shakeri, Generaldirektor der NISC, bei seinem Stellvertreter, Herrn Dipl. Ing. Ahmadi und bei Herrn Dipl. Ing. Sadrnia, Direktor der NISC in Kerman.

Die Analysen wurden im Laboratorium der NISC in Kerman durchgeführt und mein Dank gilt allen, die daran mitwirkten.

1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Die vorliegende Arbeit ist eine wirtschaftsgeologische Untersuchung von Kohlenlagerstätten. Nach Gocht (31) ist die moderne Wirtschaftsgeologie ein interdisziplinärer Wissenschaftszweig, der eine Zusammenarbeit von Wirtschafts-, Geo- und Bergbauwissenschaften im Rohstoffbereich anstrebt.

Das Stahlwerk der NISC (National Iranian Steel Corporation) bei Isfahan produziert jetzt 600.000 t Stahl jährlich und wird in absehbarer Zeit 4 Mill. t produzieren. Diese zunehmende Stahlproduktion benötigt immer mehr verkockbare Steinkohle und stellt immer größere Anforderungen an eine Optimierung der Koks-kohlenmischung. Deshalb entstehen für die NISC auf dem Bergbausektor zahlreiche neue wirtschaftliche und technische Aufgaben und Probleme. Im Iran gibt es eine Anzahl von Kohlenvorkommen, doch ihre Bauwürdigkeit hängt ab von dem Verhältnis zwischen den zu erwartenden Gesteungskosten bei der Gewinnung und dem erzielbaren Erlös.

Die Gewinnungskosten hängen von einer Reihe wirtschaftsgeologischer Parameter ab, die Erlöse von der Qualität des Produkts. Die Qualität der Kokereiprodukte wird direkt von den Eigenschaften des eingesetzten Rohstoffs bestimmt. Neben der betriebswirtschaftlichen Seite spielen aber auch Gesichtspunkte der Versorgungssicherheit, der regionalwirtschaftlichen Gegebenheiten und der Sozialpolitik eine wichtige Rolle bei der Bewertung der Bauwürdigkeit.

Ziel dieser Arbeit ist, anhang der durchgeführten Untersuchungen des Flözes D₂ auf der Schachtanlage Babnizu eine Bewertung der übrigen Flöze des Kerman-Beckens zu ermöglichen. Gleichzeitig wird versucht, für die NISC Kriterien für Vergleiche aller Steinkohlenvorkommen des Kerman-Beckens zu erarbeiten.

Die eingeklammerten Zahlen verweisen auf das Schrifttumverzeichnis am Schluß der Arbeit.

1.1. Geographischer Überblick

Die Kermaner Kohlenlagerstätten liegen in der zentral-iranischen Provinz Kerman, zwischen 30° und 33° nördlicher Breite und 55° und 56° östlicher Länge (vgl. Abb. 1).

Die Südostgrenze des Vorkommens liegt 50 km nordwestlich der Stadt Kerman und erstreckt sich von dort mit einer Breite von etwa 15 km über eine Länge von fast 70 km nach Nordwesten. Die Lagerstätten liegen in einer bergigen Landschaft, die durch tiefe Täler zerschnitten ist. Die Höhe der Berge schwankt zwischen 1950 und 3000 m.

Das Klima des Kerman-Gebietes wird durch sehr heiße, trockene Sommer, gemäßigte Temperaturen im Frühling und Herbst und recht kalte Winter geprägt.

Die durchschnittlichen Temperaturen dieses typischen Kontinentalklimas betragen laut Messung der Meteorologischen Station Zarand:

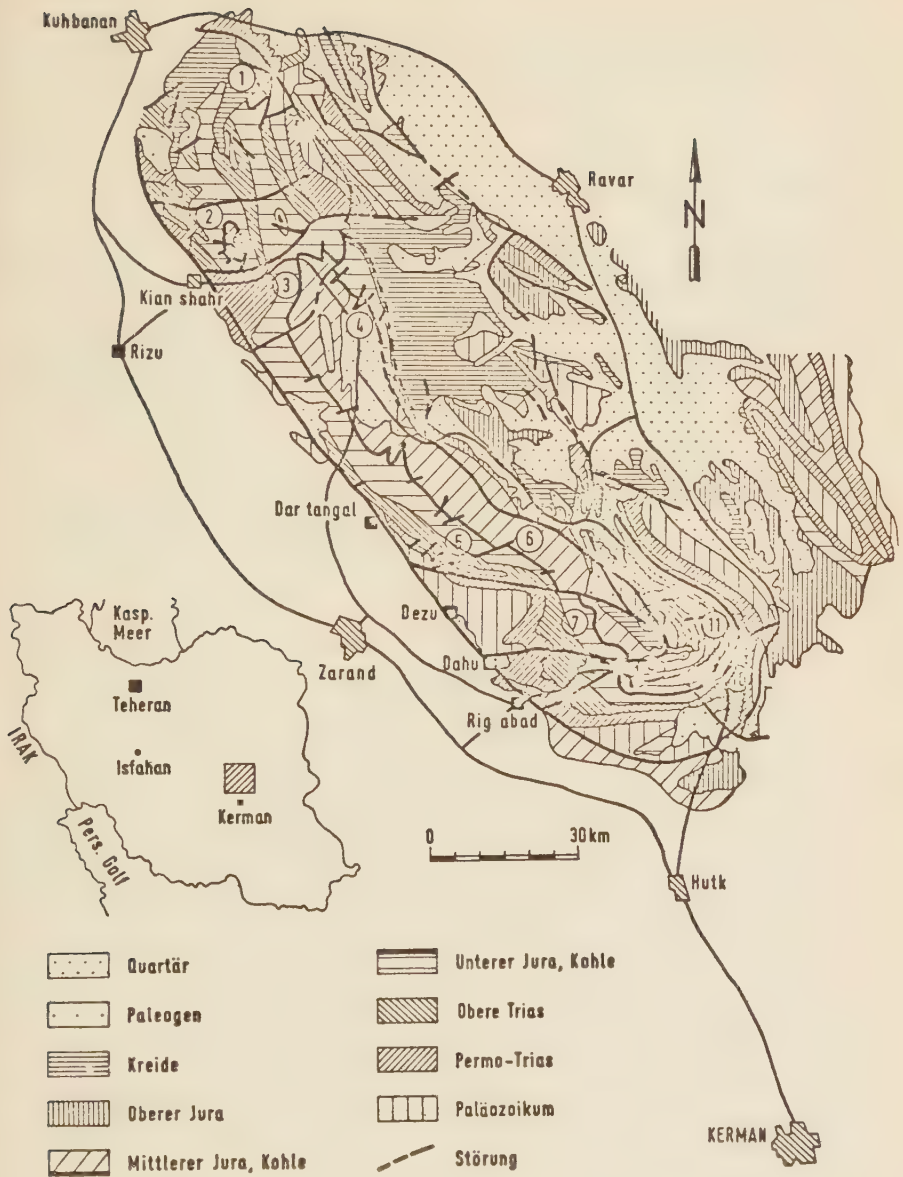
im Januar	+	5° C	im Juli	+	27° C
im April	+	12° C	im Oktober	+	18° C

Das Maximum liegt bei 35° im Sommer und das Minimum bei -15° C im Winter, für den auch starke Winde aus wechselnden Richtungen charakteristisch sind.

Die Jahres-Niederschläge überschreiten nicht 350 mm, so daß sich nur eine sehr spärliche Vegetation ausbilden kann (Bergsteppe).

In den Bergen findet man stellenweise lockeren Bewuchs von Bergmandelbüschen, Bergwacholder und Dornenpostergewächsen; in den breiten Talebenen gedeiht nur eine spärliche Wüsten-Steppen-Vegetation. (46)

Die ursprüngliche Besiedlung des ganzen Gebietes ist sehr gering. Kerman mit seinen 100.000 Einwohnern ist bei weitem die größte Stadt. Von Bedeutung sind noch die Städte Rafsendjan mit 20.000 und Zarand mit 5.000 Einwohnern.



1: Geologische Übersichtskarte des Kerman-Beckens (nach National Iranian Steel Corp., Geology Department)

Zur Unterbringung der Angestellten und Arbeiter mit ihren Familien hat die NISC in den drei Verwaltungsbereichen Pabdana, Daregor und Babnizu moderne Siedlungen errichtet.

Zusätzlich ist bei Zarand ein weiterer Wohnkomplex für ca. 40.000 Einwohner geplant.

Das Arbeitskräfte-Potential dieser dünnbesiedelten Region reicht seit der Inbetriebnahme der Kupfermine Sar Chesmeh und des Eisenerzbergwerkes Gole Gowhar zwischen Kerman und Bandar-Abbas bei weitem nicht mehr aus. Eine weitere Verknappung tritt durch den Bau der Eisenbahnlinie, die Verwirklichung landwirtschaftlicher Projekte und schließlich durch den Beginn zahlreicher Bauprojekte in Kerman und Bandar-Abbas auf.

Der Mangel an Arbeitskräften konnte nur durch Anwerbung aus anderen Regionen behoben werden. Angeworben wurde und wird in der Umgebung von Shiraz-Mashad, in Azarbeidjan, in Ziztan und anderen Gebieten. Für die Ausbildung dieser Arbeiter ist eine Bergfachschole in Kerman gegründet worden (77).

Die Infrastruktur des Gebietes wird durch das Verwaltungszentrum Kerman geprägt. Die Stadt ist mit anderen großen Städten des Landes durch Straßen verbunden. Die Hauptverkehrsstraßen sind neue Asphaltstraßen, die nach Teheran und Bandar-Abbas eine gute und schnelle Verbindung herstellen. Eine regelmäßige Flugverbindung besteht von Kerman nach Teheran, nach Bandar-Abbas und Zahedan. Zarand und Isfahan sind ebenfalls durch eine Eisenbahnlinie verbunden, eine weitere zwischen Zarand und Pabdana befindet sich im Bau.

Die Kohle von Babnizu wird mit dem LKW nach Zarand transportiert.

Der Wasserbedarf der kleineren Orte, die meist am Rande des Gebirges liegen, wird vorwiegend aus den Gebirgsbächen gedeckt. Die größeren Ortschaften in der Talebene beziehen ihr Wasser weitgehend aus den landesüblichen Kanaten. Die "Gesellschaft für Trink- und Industrierwasser" hat bei Zarand zahlreiche Bohrungen durchgeführt.

Für Babnizu wird das Trink- und Industrierwasser von Rigahad mit Tankwagen herangefahren.

1.2. Historischer Überblick über Kohlenvorkommen und -bergbau im Kohlenbecken von Kerman

Erste Informationen über die Kohlenvorkommen der Provinz Kerman wurden von BLANFORD (1876) veröffentlicht. Seit der Zeit sind die Kohlenvorkommen mehrere Male durch ausländische Spezialisten aus mehreren Ländern in Zusammenarbeit mit iranischen Fachleuten untersucht worden.

In der Zeit zwischen 1870 und 1950 erschienen in den Arbeiten von STAHL (84, 85), SCHNEIDER (81), PILGRIM (75), BÖHNE (9, 10), BAIER (4, 5), KÜHN (54) und DIEHL (13) die Ergebnisse geologischer Untersuchungen und Hinweise auf die Lagerstätten dieser Provinz.

Von den Geologen der National Iran Oil Company wurden nach dem 2. Weltkrieg systematische Untersuchungen im Zentral-Iran durchgeführt. Die Ergebnisse wurden u.a. in der geologischen Karte des Iran (1 : 2.500.000, 1959) vorgelegt. Die geologischen Verhältnisse der Provinz Kerman wurden in einer weiteren Veröffentlichung von GANSSER (26, 27) genauer erläutert. Von der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, wurden im Auftrage des iranischen Ministeriums für Industrie und Bergbau wichtige geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im internen Bericht von WALTHER & KÜRSTEN (1958) und in den Veröffentlichungen von WALTHER & HUCKRIEDE (46) vorgelegt. Wichtige Ergänzungen der Arbeiten der Bundesanstalt für Bodenforschung stellen die geologischen Untersuchungen von STÖCKLIN (89), HUBER (89) und ZAHEDI (94) dar. Am 1.8.1966 wurde zwischen der Sowjetunion und dem Iran ein Vertrag über die technische Beratung abgeschlossen. Eine Übersichtskarte (Abb. 1) zeigt die Struktur des Kerman Beckens.

Die Iranische Stahlgesellschaft NISC (National Iranian Steel Corp.), die für das gesamte Gebiet die Abbaurechte hält, hat dieses in drei Verwaltungsbereiche unterteilt:

Pabdana im Nordwesten

Daregor im Zentrum und

Babnizu im Südosten

Im einzelnen sind folgende Kohlenfelder zu nennen:

Pabdana: Khumrud, Pabdana, Pabdana-Süd, Hashuni und Hamkar

Daregor: Sarapardeh und Daregor

Babnizu: Babnizu, Babnizu-Süd, Darbid-Khun, Assadabad, Hodjedk und Eshkeli.

Von den genannten Feldern befinden sich bereits zwei im Abbau, die Bergwerke Babnizu und Pabdana.

1.3. Arbeitsmethodik

Eine systematische Feldarbeit wurde am Ende des Jahres 1966 mit Beteiligung sowjetischer Spezialisten begonnen. Das Hauptobjekt der Untersuchungen waren die Flöze der Kohlenflözgruppe D.

Im Bereich der Schachtanlage Babnizu wurden systematisch 57 Schürfgräben von 2 - 36 m Tiefe gegraben. Der durchschnittliche Abstand betrug 100 m und schwankte zwischen 50 und 150 m.

Das Explorationsnetz verdichteten 17 Bohrlöcher, in 11 Explorationslinien geordnet, quer zu dem Streichen der Kohlenflöze laufend.

Der durchschnittliche Abstand zwischen den Explorationslinien betrug 550 m und schwankte zwischen 450 und 800 m. Der durchschnittliche Abstand zwischen den Bohrlöchern auf den Linien war 100 m

und schwankte zwischen 40 und 150 m. Die durchschnittliche Tiefe der Bohrlöcher betrug 355 m (zwischen 110 bis 600 m).

Die Vorratsberechnungen gehen bis zu einer Höhe von NN + 1.850 m. Außerdem wurden durch Bohrungen die Flöze durch 33 Querschläge, die von den Stollen Nr. 1, 2, 3, 7 vorgetrieben wurden, aufgeschlossen. Der Abstand zwischen den Quersschlägen betrug 60 - 200 m. 1969 wurde mit dem Vortrieb der ständigen Stollen Nr. 1, 2, 3 und 7 des oberen Teils der Schachtanlage Babnizu begonnen.

Den Stand der Explorationsarbeiten, die im gesamten Bereich des Beckens von Kerman durchgeführt wurden, zeigt Tabelle 1. Weitere Untersuchungen folgen.

Schachtanlage	Schürfgräben und -schächte m	Bohrungen m	Bergm. Arbeit m
Assadabad	6077	3476	-
Eskeli	2177	4172	3100
Babnizu	4909	10.902	8353
Babnizu-Ost	4455	8619	-
Pabdana	11.117	14.615	12.077
Pabdana-Süd	3021	3110	1114
Khumrud	2890	33.409	-
Daregor	4560	10.081	5320
Saraperdeh	11.625	37.104	-
Hodjedk	1924	9074	-

Tabelle 1: Explorationsarbeiten zum Aufschluß der Flözgruppe D des Kerman-Beckens

2. REGIONALGEOLOGIE DES KOHLEBECKENS VON KERMAN

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchte Lagerstätte liegt im Großen Kermaner Becken nördlich der Störungslinie von Kuh-benan (Abb. 1). Im Lias und Dogger finden sich die Kohlenflöze des Kerman-Gebietes, die sich in sechs Gruppen unterteilen lassen: A, B, C, C₁, D und E. Jede Gruppe enthält eine unterschiedlich große Anzahl einzelner Kohleflöze.

Die an Kohle reichste ist die Gruppe D, die zum Dogger gehört.

Innerhalb des Kermaner Kohlenvorkommens sind neun Gebiete zu unterscheiden, die sich zum einen Teil an der Südwestflanke (Dahrud - Nayzar, Daregor und Darbidkum) befinden, zum anderen Teil aber auch an der Nordseite des Kermaner Beckens mit seinen beiden Teiltrögen liegen. Der eine Trog umfaßt das Pabdana-Gebiet im Nordwesten, der andere liegt im Südosten und beinhaltet die Lagerstätten von Hodjedk und Babnizu. Diese Gebiete sind durch bedeutende tektonische Strukturen gegliedert. (Abb. 2)



Abb. 2 Schachtanlage Babnizu im Kerman-Becken, steilstehende Schichten des Dogger, mit ausstreichendem Flöz

2.1. Stratigraphische Abfolge und lithologische Ausbildung der Gesteinsarten

Eine reiche Skala von Sedimentgesteinen, die im Alter vom jüngeren Präkambrium bis zum Quartär reicht, tritt im Bereich der großen Muldenstruktur des Kermaner Kohlenvorkommens auf. Große Ausdehnung und wegen der Kohlevorkommen große Bedeutung haben die ober-triassischen und jurassischen Gesteine. An der Wende Trias/Lias tritt in diesem Gebiet ein deutlicher Wechsel von Fazies und Mächtigkeiten auf.

Erhebliche Mächtigkeit zeigen die Liassedimente nur in den Gebirgen bei Zarand, Kuh-benan und Tokradje. In Richtung auf Ravar und Kerman nimmt die Mächtigkeit der Liassedimente sehr schnell von 1000 m auf weniger als 200 m ab. Lithologisch besteht der Lias aus einer eintönigen Folge von grüngrauen Sandsteinen und hell oder dunkel angewitterten Quarziten mit dunklen sandigen Tonschiefern (46, 68).

Die einförmige Ausbildung der Serie wird stellenweise etwas belebt durch die gelblichen oder rötlichen Anwitterungsfarben oder durch karbonatische Einschaltungen, dünne Bänke und Linsen, die oft zusammen mit kohligem Schiefern auftreten. Sowohl Lias als auch Dogger sind im Kerman-Gebiet kohlenhaltig. Die Flöze werden den sechs erwähnten Flözgruppen (A, B, C, C₁, D und E) zugeordnet.

2.1.1. Lias (J₁)

Bei den Liassedimenten unterscheidet man vier Serien, deren Merkmale in stratigraphischer Reihenfolge (vom Älteren zum Jüngeren) kurz beschrieben werden sollen (68).

Die Dahrud-Serie J₁dh besteht aus zwei Teilen:

Unter-Dahrud(J₁dh₁, Sandstein- und Sandschiefergruppe) kommt im unteren Lias und der oberen Trias vor und ist weitgehend kohlenfrei. J₂dh₁ besteht im wesentlichen aus klastischen Sedimenten, Sandsteinen, Sandschiefern, Quarziten und Tonschie-

fern. Im Sandstein und im Sandschiefer kommt Limonit vor.

Die Mächtigkeit der Serie beträgt 300 - 400 m.

Ober-Dahrud (J_1dh_2 , Kohlenflözgruppe)

unterteilt sich in zwei kohlenflözführende Bereiche, Flözgruppen (A und B).

Der untere Bereich (A) besteht aus Sandstein, Sandschiefern und Tonschiefer sowie unreiner Kohle und lokal begrenzten linsenförmigen Kohlenkörpern in der Nähe von Gesestau. Die Mächtigkeit beträgt 250 - 320 m.

Der obere Bereich (B) hat eine Mächtigkeit von 250 - 300 m und besteht aus kalkhaltigem Sandschiefer, Tonschiefer und wenig Sandstein.

Die Sandschieferschichten sind von rötlicher Farbe; einige von ihnen enthalten kalkige Partien mit Faunenresten.

Die Darbid-Khun-Serie (J_1dr) besteht aus Sandsteinen, Sandschiefern und Tonschiefern. Im Bereich von Babnizu und Darbid-Khun kommt eine bandförmige Kohlenlage vor. Die wesentlichen Merkmale dieser Sedimentschichten sind Kalkstein-Einschaltungen mit mariner Fauna (Brachiopoden) und Sandschiefer mit Korngrößen von 0,5 - 3,0 mm. Die Mächtigkeit beträgt 250 - 280 m.

Die Tokradje-Serie (J_1th) unterteilt sich in drei Abschnitte:

Unter-Tokradje (J_1th_1) besteht aus Sandsteinen, Sandschiefern und Tonschiefern mit dünnen, bandförmigen Kohlelagen und hat eine Mächtigkeit von 80 - 130 m. Die hierzu gehörenden Kohlenflöze C_1 in Südbabnizu sind abbauwürdig; die Mächtigkeit der unreinen Kohle beträgt ca. 7 m.

Mittel-Tokradje (J_1th_2) enthält Sandsteine sowie Sandschiefer von gelbgrünlicher Farbe mit bandförmigen Kohlenlagen. Die Mächtigkeit beträgt 250 - 320 m.

Ober-Tokradje (J_{1th_3}) ist eine Kohlenflözgruppe (C_2), die noch weiter unterteilt werden kann (H. HUBER & I. STÖCKLIN (89)), nämlich in einen unteren Teil, der Sandschiefer, Tonschiefer und Bänder von unreiner Kohle und zusätzlich einige kleine Kohlenflöze bis 0,2 m Mächtigkeit enthält;

einen mittleren Teil, der sich aus feinen und mittelkörnigen Sandschiefern mit einigen Bändern unreiner Kohle zusammensetzt;

und einen oberen Teil, der aus feinen und mittelkörnigen Sandsteinen und Sandschiefern mit zahlreichen Bändern bituminöser Schiefer besteht.

Die gesamte Mächtigkeit dieser Kohlengruppe C_2 beträgt 200 - 230 m.

In der Nayzar-Serie (J_{1nz}) findet man homogene grünlichgraue Tonschiefer und rote Kalksteine mit mariner Fauna. Im unteren Teil der Gruppe findet sich im Babnizu-Gebiet mittelkörniger Sandstein mit einer Mächtigkeit von 16 - 20 m.

Die Mächtigkeit der gesamten Serie beträgt 140 - 160 m. Die Lias-Sedimente weisen insgesamt eine Mächtigkeit von 1 600 - 1 700 m auf.

2.1.2. Dogger

Im unteren Teil der Babnizu-Serie (J_{2bb}) tritt eine kohlenhaltige Gruppe auf, die einen Übergang vom Lias zum Dogger zeigt. Die Sedimente bestehen aus schwarzen Kalksteinen mit Ammoniten und Brachiopoden (K. SEYED EMAMI, in Lit. 68), kalkigen Sandsteinen, Mergeln und schaligen Tonschiefern. Dieser untere Teil ist bis 90 m mächtig. Der obere Teil ist eine Tonschiefer-Sandstein-Serie, die sich lithologisch in zwei weitere Teile gliedert und insgesamt 170 - 220 m mächtig ist. Ältere Tonschiefer und Sandschiefer mit ca. 100 m Mächtigkeit liegen unter jüngeren Sandsteinen. Hier wird der Übergang von marinen zu kontinentalen, kohlehaltigen Gesteinsserien sichtbar.

Die Mächtigkeit der Babnizu-Serie beträgt 220 - 310 m.

Die Khumrud-Serie (J_2gm) gliedert sich lithologisch in zwei Teile:

Das Unter-Khumrud (Kohlenflözgruppe D, J_2gm_1) ist die regelmäßigste und kohlenreichste Gruppe. Es sind insgesamt 25 Kohlenflöze bekannt, von denen die 13 wichtigsten folgende Bezeichnung erhalten haben:

D_0 , D_1 (D_1^u , D_1^o), D_2 , D_3 , D_4 , D_5 (D_5^u , D_5^o), D_6 (D_6^u , D_6^o), D_7 , D_8 , D_9 , D_{10} , D_{11} , D_{12} .

Die Flöze sind in zwei Flöz-Gruppen aufgeteilt und bilden den oberen und den unteren Bereich der Serie.

Die wichtigsten, weil teilweise bauwürdigen Flöze, sind D_2 , D_5^u , D_5^o , D_6^u und D_6^o und gehören alle zur älteren Flözgruppe. Einige Teile der Kohlenflöze sind im gesamten Gebiet gestört und daher nur bedingt bauwürdig. Die untere Grenze der Serie ist das Liegende des Flözes D_0 , die obere das Hangende des Flözes D_{12} . Innerhalb dieser Grenzen schwankt die Mächtigkeit der Serie zwischen 75 - 80 m im Osten und 150 m im Westen. Als Zwischenmittel treten in der Serie Sandschiefer, Tonschiefer und feinkörnige Sandsteine mit unreiner Kohle auf.

Das Ober-Khumrud (J_2gm_2) unterteilt sich wie folgt:

Im unteren Teil enthält sie schuppigen Sandstein, der typisch für das Dogger dieser Gegend ist. Die Mächtigkeit der Gruppe schwankt zwischen 220 und 240 m.

Der obere Teil, wieder eine Kohlenflözgruppe (E), besteht aus Sandsteinen, Sandschiefern, Tonschiefern mit dünnen Kohlenlagen und hellen Kalken.

Die gesamte Mächtigkeit dieser Serie beträgt 300 - 500 m.

Die Dasht-Khak-Serie (J_2dsh) hat -ungleichkörnige Sandsteine und besteht daneben aus Sandschiefern und Tonschiefern. Die Mächtigkeit beträgt 200 - 220 m.

2.1.3. Malm

Die Assadabad-Serie (J_3as) enthält dickschichtige Kalke und rote Kreide-Schichten, überdeckt die Achse der Bidu-Mulde und gliedert sich lithologisch in zwei Teile:

a) Untere Assadabad-Serie (Konglomeratgruppe, J_3as_1).

In dieser Sedimentserie findet man Konglomerate aus Geröllen etwas älterer Serien in einer Mächtigkeit von 40 - 80 m.

b) Mittlere Assadabad-Serie (J_3as_2).

Sie besteht aus rotem Sandstein, Sandschiefern und hellen Kalken.

2.1.4. Übergang Malm - Unterkreide ($J_3 - K_1$)

Hier trifft man vielfarbige sandige Kalksteine und Sandschiefer des unteren Teiles (as_2) an.

Im oberen Teil (as_3) erkennt man Sandschiefer, Sandsteine und Konglomerate von rötlich-brauner und grünlicher Farbe. Diese Sedimente bilden die sogenannte Bidu-Serie mit einer Mächtigkeit von 100 m.

2.1.5. Mittlere Kreidegruppe (K_2)

Die Sedimente der mittleren Kreide sind im Südostteil und Mittelteil der Mulde gut ausgebildet. Die mittlere Kreidegruppe erstreckt sich entlang des Nordostflügels und überlagert diskordanz die darunterliegenden Sedimente. Sie besteht in der Hauptsache

aus massiven, leicht getönten Dolomiten. Die Mächtigkeit der Kreide-Sedimente beträgt 300 m.

2.1.6. Oligozän - Miozän (To - Tm)

Während des älteren Tertiärs fand im Bereich der Lagerstätte keine Sedimentation statt. Die Schichtlücke reicht bis in das Oligozän, dessen Sedimente die mittlere Kreide überlagern.

Die Gesteine der Oligozän - Miozän-Gruppe sind dickbankig und bestehen aus groben, schwach zementierten Konglomeraten, aus Sandsteinen, Sandmergeln sowie aus hellbraunen und rotbraunen Gipslagen. Die gesamte Mächtigkeit beträgt 200 m.

2.1.7. Die Quartärablagerungen (Q)

Im Quartär wurden Geröllmassen aus Lehm und Sand in den Tälern abgelagert und reichen bis an den Fuß der Berge heran. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 0,5 und 10 m.

2.2. Lithologische Ausbildung der kohleflözführenden, unteren Khumrud-Serie (J_2gm_1)

Die kohleflözführende untere Khumrud-Serie besteht vorwiegend aus Sandsteinen, Sandschiefern und Tonschiefern.

Die Mächtigkeit erreicht im Babnizu-Gebiet im Osten 75 - 80 m; im Westen 150 m.

Als durchschnittliche petrographische Zusammensetzung der Serie ergab sich:

Sandsteine	25 %
Sandschiefer	40 %
Tonschiefer	20 %
Kohle	15 %
(einschließlich unreine Kohle)	

Der Sandstein

Eine Änderung des physikalischen und mechanischen Verhaltens der Sandsteine tritt mit zunehmender Tiefe auf. Aus Untersuchungen (Tabelle 2) geht hervor, daß in der Tiefe zwischen 123 - 470 m die durchschnittliche Festigkeit 860 kp/cm^2 und die Dichte $2,7 \text{ g/cm}^3$ ist. In der Tiefe von 565 - 605 m steigt die durchschnittliche Festigkeit auf 890 kp/cm^2 und das spezifische Gewicht auf 273 kp/cm^3 .

Diese Gesteinsschichten sind also fest und für die Streckenauf-fahrung günstig (Tabelle 2).

Die Sandschiefer bestehen aus etwa 20 % Quarz, 50 % Feldspäten, 15 % Glimmer und 15 % Tonmineralien und haben eine durchschnittliche Festigkeit von 650 kp/cm^2 , (Schwankungsbreite 388 - 1300 kp/cm^2) und eine durchschnittliche Dichte von $2,75 \text{ g/cm}^3$.

Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Sandschiefer sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Diese Schichten konnten sowohl im Hangenden und Liegenden als auch zwischen den Kohleflözen festge-stellt werden.

Die feinkörnigen Sandschiefer beinhalten viel Ton und sind sehr wasserquellfähig (Tabelle 3).

Die Tonschiefer bestehen aus Quarz, Tonmineralien und etwas Glimmer. Diese Schichten kommen sowohl im Hangenden und Liegenden als auch zwischen den Kohleflözen vor. Die durchschnittliche Festigkeit be-trägt 280 kp/cm^2 (Tabelle 2). Die Tonschiefer sind weich, bröckelig und sehr wasserquellfähig. Ein Test im NISC-Labor in Kerman ergab,

daß die Tonschiefer nach 3 - 4 Stunden in Wasser aufquellen und dann als weicher Ton vorliegen. Weitere Angaben sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Die Steinkohlenflöze der Flözgruppe D repräsentieren das größte bisher bekannte iranische Steinkohlenvorkommen.

Die wichtigsten abbauwürdigen Kohlenflöze der Flözgruppe D im Ker-
manbecken sind (Abb. 3):

<u>Schachtanlage</u>	<u>Flöze</u>
Assadabad	D_2
Babnizu	$D_2 - D_5^u - D_5^o - D_6^u - D_6^o$
Babnizu-Ost	$D_1 - D_2 - D_9$
Hodjedk	$D_1 - D_2 - D_6^u - D_6^o$
Eshkeli	$D_1 - D_1^u - D_2 - D_3 - D_6^u$
Daregor	$D_1 - D_3 - D_5 - D_6 - D_8 - D_9$
Saraperdeh	$D_2 - D_3 - D_5^u$
Khumrud	$D_2 - D_3 - D_5 - D_6$
Pabdana	$D_2 - D_4 - D_5 - D_6$
Pabdana-Süd	$D_2 - D_4 - D_5 - D_6$
Hashuni	$D_2 - D_4 - D_6^u$

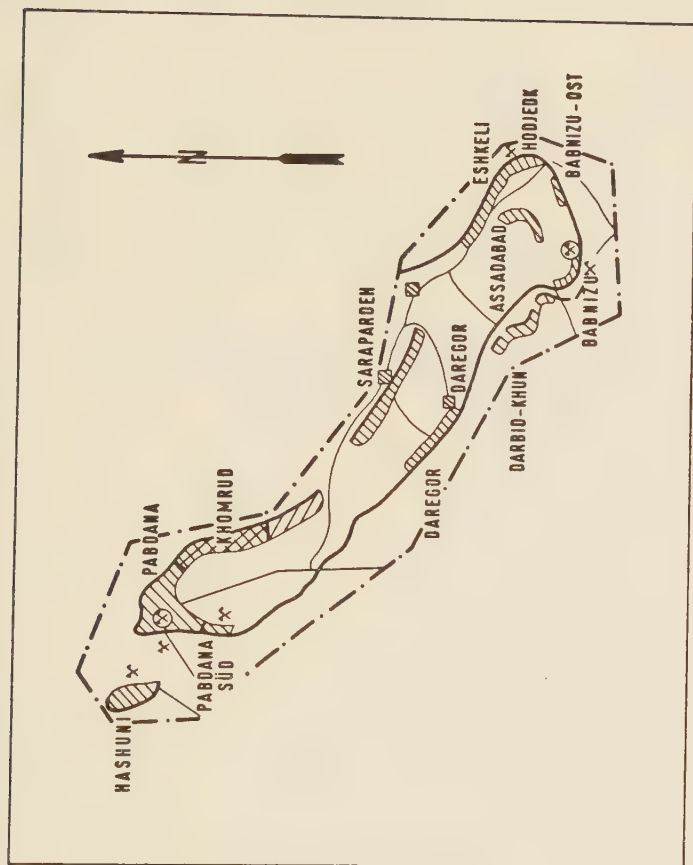


Abb. 3 Übersichtskarte der Schachthanlagen des Kerman-Beckens

Gesteins- art	Tiefe m	Dichte g/cm ³	Volumen- gewicht g/cm ³	Druckfestig- keit kp/cm ²	Zugfestig- keit kp/cm ²
Sandstein	123 - 470	$\frac{2.71-2.78}{2.74}$	$\frac{2.66-2.74}{2.72}$	$\frac{192-1377}{860}$	$\frac{10.9-91.5}{56.4}$
Sandstein	565 - 605	$\frac{2.64-2.80}{2.75}$	$\frac{2.62-2.80}{2.73}$	$\frac{495-1394}{890}$	$\frac{2.13-90}{57.8}$
Sand- schiefer	246 - 610	$\frac{2.71-2.80}{2.76}$	$\frac{2.67-2.80}{2.75}$	$\frac{388-1300}{650}$	$\frac{8.3-85}{33.8}$
Ton- schiefer	256 - 608	$\frac{2.69-2.93}{2.81}$	$\frac{2.56-2.92}{2.76}$	$\frac{106-632}{280}$	$\frac{6.3-21}{12.2}$

Tabelle 2: Physikalische und mechanische Eigenschaften des Hangenden und Liegenden der Kohlenflöze.
(Varianzbereich und Durchschnitt)

Schacht- anlage	Flöz	Hangend. oder Liegend.	Ge- steins- art	Zeit -sec.	Kornklasse mm				Summe %
					+13	+13-1	1-0,5	0,5-0	
Pabdana	D ₂	Hang.	Sand- schie- fer	-	79,1	16,8	1,8	2,3	100
				10	42,8	44,4	3,6	9,2	100
				20	20,4	49,2	2,8	27,6	100
				30	16,4	49,6	4,4	29,6	100
				60	7,6	52,0	2,8	37,6	100
Babnizu	D ₆	Hang.	Ton- schie- fer	-	77,4	18,3	1,9	2,4	100
				10	35,6	51,6	5,6	7,2	100
				20	23,6	53,2	4,8	18,4	100
				30	20,0	47,2	5,4	27,4	100
				60	14,4	51,2	4,4	30,0	100
Babnizu- Ost	D ₂	Hang.	Ton- schie- fer	-	46,4	41,6	4,8	7,2	100
				1	6,6	50,4	11,4	31,6	100
				5	3,6	45,2	10,4	40,8	100
				15	1,2	38,6	4,6	55,6	100
				20	1,2	33,8	7,6	57,4	100
Hodjedk	D ₂	Lieg.	Ton- schie- fer	-	66,4	21,2	4,4	8,0	100
				1	38,7	18,4	6,8	36,1	100
				5	8,6	26,3	8,3	56,8	100
				15	6,0	11,7	8,2	74,1	100
				20	2,0	13,0	9,8	75,2	100
Hodjedk	D ₂	Hang.	Ton- schie- fer mit Kohle	-	33,5	44,1	10,5	11,9	100
				1	20,6	42,6	10,2	26,6	100
				5	18,6	39,5	10,7	31,2	100
				15	11,3	32,2	13,0	43,5	100
				20	10,7	32,6	10,9	45,8	100

Tabelle 3: Erweichung der Tonschiefer und Sandschiefer im Wasser

2.3. Unterteilung der Kohlenflöze von Babnizu

Die Flözgruppe im Gebiet Babnizu umfaßt 16 Flöze:

D₀, D₁^u, D₁^o, D₂, D₃, D₄, D₅^u, D₅^o, D₆^u, D₆^o, D₇, D₈, D₉, D₁₀,
D₁₁, D₁₂

Die 5 bedeutendsten hiervon sind (Abb. 4):

D₂, D₅^u, D₅^o, D₆^u, D₆^o

2.3.1. Flöz D₂.

Dieses Flöz ist das wichtigste bauwürdige Flöz. Es liegt in den Grenzen des Gebietes der bauwürdigen Lagerstätten 15 - 20 m über den Sandsteinschichten der unteren Khumrud-Serie (68). Die Mächtigkeit des Flözes schwankt zwischen 0,5 - 8,23 m mit einer durchschnittlichen bauwürdigen Mächtigkeit von 2,27 m.

Mächtigkeit und Qualität ändern sich auf kurze Entfernung sowohl in der Streichrichtung als auch in Richtung des Einfallens. Die Mächtigkeit beträgt im Zentralgebiet etwa 7 - 8 m. Eine Vielzahl von Störungen und damit verbunden eine starke Kornzerkleinerung (Pulverisierung) der Kohle erschweren den Abbau.

An manchen Stellen im Flöz kommen 1 - 3 Zwischenmittelschichten von 0,1 - 1,0 m vor.

Hangendes und Liegendes besteht aus Schieferton und Sandschiefern (vgl. Kapitel 3.1.2.).

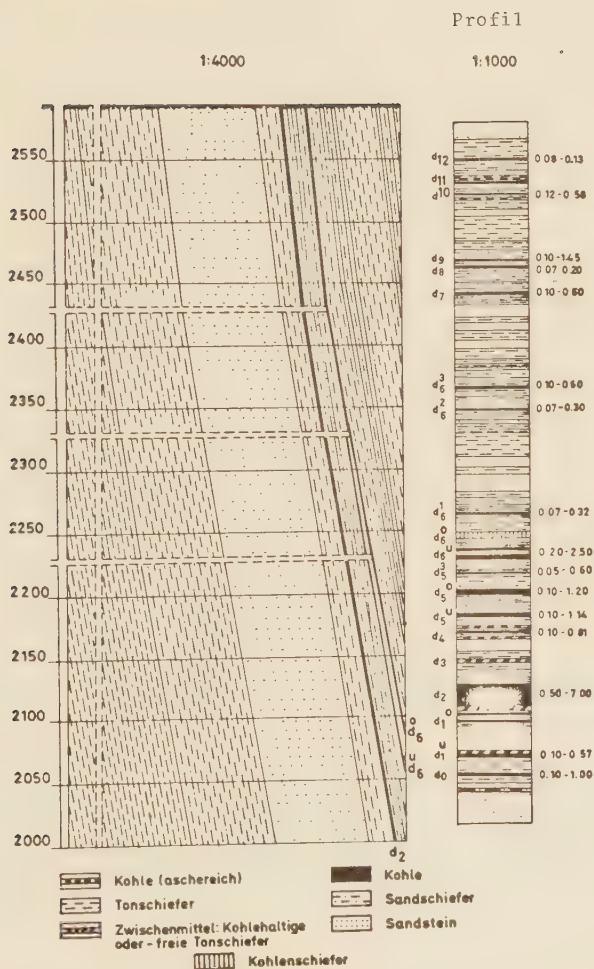


Abb. 4 Kohlenflöze der Schachtanlage Babnizu

2.3.2. Flöz D₅

Flöz D₅^u überlagert Flöz D₂ im Abstand von 5 - 12 m, im Nordwestgebiet im Abstand von 20 - 32 m, Flöz D₄ in einem Abstand von 1 - 3 m. Der mittlere Abstand zwischen den Flözen D₄ und D₅^u beträgt 2 m.

83 Punkte des Kohlenflözes sind untersucht worden. 32 Punkte, d.h. 38,5 % davon, zeigen eine Mächtigkeit zwischen 0,4 und 1,66 m, die restlichen Punkte unter 0,4 m. Im westlichen Teil des Gebietes vereinigt sich das Flöz D₅^u wahrscheinlich mit Flöz D₄ und erscheint als gemeinsames Kohlenlager. Im östlichen Gebiet haben sich keine bauwürdigen Mächtigkeiten gezeigt. An einzelnen Orten im West- und Zentralgebiet findet man nur unreine Kohle (68).

Flöz D₅^o überlagert Flöz D₅^u in einem Abstand von 2 - 5 m, in westlicher Richtung von 8 - 15 m. Dieses Kohlenflöz wurde an 75 Punkten untersucht. Ca. 20 Punkte, d.h. etwa ein Viertel davon, haben eine Mächtigkeit von 0,5 - 1,20 m. Ein kleiner Block dieses Flözes hat im Nordwestgebiet ebenfalls eine abbauwürdige Mächtigkeit über 0,5 m.

Das Flöz D₅^o besteht aus 2 oder 3 Stellen Teilflözen mit Zwischenmitteln aus Tonschiefer und unreiner Kohle. Im Zentralgebiet weist es eine 90 cm mächtige Tonschieferschicht als Zwischenmittel auf. Im östlichen Gebiet sieht man zahlreiche Verwerfungen, das Hangende und Liegende des Flözes sind weich.

Zusammenfassend ist zu sagen:

Das Haupthangende wird aus relativ kompakten Sand-Tonschiefern gebildet, selten aus Sandstein und Tonschiefer. Häufig wird zwischen dem Haupthangenden und dem Flöz eine Zwischenlage aus kohlehaltigem Tonschiefer mit 0,1 - 0,60 m Stärke beobachtet (scheinbares Hangendes).

Das Liegende des Flözes setzt sich aus kompaktem Tonschiefer und Sandschiefer zusammen. Eine Anzahl von Untersuchungen haben "Scheinbares Liegendes" aus kohlehaltigen Tonschiefern oder einen Wechsel

von Tonschiefer mit Linsen- und Kohlenbändern gezeigt.

2.3.3. Die Flöze D_6^u und D_6^o

Flöz D_6^u ist das zweite der hauptbauwürdigen Flöze und liegt 6 - 10 m über dem Flöz D_5^o , nordwestlich aber erreicht das Flöz einen Abstand von 20 m über dem Flöz D_5^o .

In manchen Gebieten kommt noch ein Zwischenflöz zwischen den Flözen D_5^o und D_6^u mit einer Mächtigkeit von 0,40 - 0,60 m vor (68). Die Mächtigkeit des Flözes D_6^u schwankt zwischen 0,40 - 4,20 m, die mittlere Mächtigkeit beträgt ca. 1,00 m. Das Flöz D_6^o hat eine Mächtigkeit von 0,3 - 1,3 m, die mittlere Mächtigkeit beträgt 0,85 m. Der Abstand zwischen D_6^u und D_6^o erreicht an manchen Stellen 2,5 m.

2.4. Unterteilung der Kohlenflöze von Pabdana

Bei den Untersuchungen wurden 14 Flöze festgestellt, von denen nur 7 derzeit eine bauwürdige Mächtigkeit haben. Es sind die Flöze D_2 , D_3 , D_4 , D_5 , D_6 , D_9 und D_{11} . Die wichtigsten abbauwürdigen Flöze D_2 , D_4 , D_5 und D_6 , die den wirtschaftlichen Wert dieser Schachtanlage ausmachen, befinden sich im unteren Teil der Flözgruppe (70).

Die durchschnittliche Gesamtmächtigkeit der Flöz-Serie D beträgt 56 m, die Mächtigkeit der 7 abbauwürdigen Flöze im Mittel 6,2 m, was einer Kohlemächtigkeit von 11,4 % entspricht. Die Flöze sollen nach Kohlearten von durchschnittlicher und unterdurchschnittlicher mechanischer Festigkeit unterteilt werden.

2.4.1. Flöz D₂

In den Grenzen des Gebietes der Vorratsberechnung reicht die Mächtigkeit des Flözes von 0,5 bis 3,75 m mit einer mittleren, bauwürdigen Mächtigkeit von 1,55 m. Das Flöz ist im Westen und Südwesten des Gebietes fast ungestört. Im nordwestlichen Teil der Mulde nähert es sich dem überlagernden Flöz D₃ so stark, daß beide Flöze vom Standpunkt der Gewinnung her eine Einheit bilden. Die Mächtigkeit der Zwischenschicht schwankt zwischen 0,20 und 0,60 m. Das Haupthangende setzt sich aus dunkelgrauen Sandschiefern und Tonschiefern zu etwa gleichen Teilen zusammen, im nordwestlichen Teil auch aus recht festem Sandstein. Dessen Mächtigkeit reicht von 2,00 - 6,00 m.

Bei etwa 50 % des Gebietes (welches eine Fläche von 6,5 km² hat) liegt ein scheinbares Hangendes zwischen dem Haupthangenden und der Kohle, bestehend aus kohlehaltigem Tonschiefer, Tonschiefer oder einer Wechsellagerung dieser Gesteine mit einem Gemenge von Sandschiefern, vor. Die Mächtigkeit des scheinbaren Hangendes schwankt zwischen 0,5 und 1,00 m. Im gesamten Gebiet, in dem man das scheinbare Hangende vorfindet, besteht das Nebengestein zu 45 % aus kohlehaltigem Tonschiefer, zu 35 % aus Tonschiefer und zu 20 % aus Wechsellagerungen von beiden.

All diese Gesteine sind brüchig, sie neigen zum Nachbrechen und erschweren damit den Abbau der Kohle.

Das Liegende des Flözes besteht meist aus festem, fein- bis mittelkörnigem Sandstein, seltener aus kompaktem Sandschiefer. In Zwischenschichten aus Sandschiefer kommen im Liegenden kohlehaltige Tonschiefer und Tonschiefer mit einer mittleren Mächtigkeit von 0,25 m häufig vor. Insgesamt gehört Flöz D₂ zu den relativ regelmäßigen Flözen. Die flächenmäßige Ausdehnung des Flözes mit abbauwürdiger Mächtigkeit beträgt 12,2 km² (97,4 % der gesamten Fläche des Flözes).

2.4.2. Flöz D₃

Flöz D₃ überlagert D₂ mit einem mittleren Abstand von 1,9 m. Das Flöz hat nur auf der schwach einfallenden Seite des zentralen Blocks wirtschaftlichen Wert, wo es sich zudem teilweise mit Flöz D₂ verbindet. Im gesamten Norden des Gebietes ist das Flöz nicht bauwürdig (70).

In den Grenzen der Region der Vorratsberechnung schwankt die Mächtigkeit des Flözes zwischen 0,50 und 1,3 m, beträgt also durchschnittlich 0,78 m.

Die Flächenausdehnung des Flözes beträgt 6,9 km².

2.4.3. Flöz D₄

Flöz D₄ überlagert D₃ in einem Abstand von 0,75 bis 11,3 m (mittlerer Abstand von 4,00 m).

In den Grenzen der augenblicklichen Vorräte reicht die geschätzte Mächtigkeit von 0,49 bis 2,24 m und liegt im Durchschnitt bei etwa 1,00 m.

Das Flöz hat eine komplexe Struktur, da drei bis vier Zwischenmittel vorhanden sind, die aus unreiner Kohle und Tonschiefern bestehen und bis zu 0,35 m mächtig sind (70). Das Haupthangende des Flözes setzt sich aus Sandschiefer (72 %), Tonschiefer (18 %) und Sandstein (10 %) zusammen. All diese hangenden Gesteine sind relativ brüchig, ihre Mächtigkeit reicht von 0,50 bis 17 m (Durchschnitt 3,7 m).

2.4.4. Flöz D₅

Flöz D₅ überlagert D₄ in einem Abstand von 0,50 bis 17 m. Der mittlere Abstand zwischen ihnen beträgt 3,7 m. Im östlichen Teil des Gebietes paart sich das Flöz wahrscheinlich mit Flöz D₄. Die Mächtigkeit des Flözes im Untersuchungsgebiet reicht von 0,50 bis 1,40 m mit einem Mittel von 0,73 m.

Das Haupthangende wird aus relativ kompaktem Sandschiefer gebildet, seltener aus Sandstein oder Tonschiefer. Häufig wird zwischen dem Haupthangenden und dem Flöz eine Zwischenlage aus kohlehaltigem Tonschiefer mit 0,10 bis 0,70 m Mächtigkeit beobachtet (Scheinbares Hangendes).

Das Liegende des Flözes setzt sich aus kompaktem Tonschiefer und Sandschiefer zusammen. Eine Anzahl von Untersuchungen hat ein scheinbares Liegendes aus kohlehaltigem Tonschiefer bzw. einen Wechsel von Tonschiefer mit Linsen und Schichten von Kohlen gezeigt (70).

Die Ausdehnung des Flözes innerhalb der augenblicklichen Lagerstätte beträgt 4,5 km².

2.4.5. Flöz D₆

Flöz D₆ ist das dritte unter den abbauwürdigen Flözen des Gebietes nach den Flözen D₂ und D₄. Im mittleren Teil der Lagerstätte liegt das Flöz D₆ in einem mittleren Abstand von 5,5 m (0,90 - 15 m) von Flöz D₅.

Im Gebiet der Lagerstätte wechselt die Mächtigkeit des Flözes zwischen 0,5 - 1,8 m und beträgt durchschnittlich 0,84 m. Die durchschnittliche Abbaumächtigkeit beträgt 0,9 m (0,52 - 1,84 m). Die Struktur des Flözes ist nicht einheitlich, da meist ein oder zwei Zwischenmittel auftreten. Diese Zwischenlagen bestehen aus Tonschiefern, die teilweise kohlehaltig sind (70).

Der Abstand zu den überlagernden Flözen, die abgebaut werden, wechselt von 5,0 bis 20,0 m und liegt durchschnittlich bei 14,0 m. Bei 70 % der Flözausdehnung ist das Haupthangende direkt auf der Kohle gelagert. Die restlichen 30 % haben ein scheinbares Hangendes, das sich hauptsächlich aus schwach kohlehaltigen Tonschiefern zusammensetzt. Die Mächtigkeit dieser Schicht schwankt zwischen 0,10 und 0,40 m.

Das Liegende des Flözes setzt sich aus Sandschiefern oder Tonschiefern zusammen, die auch durch eine komplexe Wechsellagerung aus Kohle und kohlehaltigen Tonschiefern auf einer kurzen Strecke ersetzt sein können. Dieser Wechsel von Kohle und Tonschiefern mit einer Mächtigkeit von nur 10 - 15 cm trägt den Flözindex D_6 : und begleitet das Hauptflöz D_6 . Die Flächenausdehnung des Flözes mit abbauwürdiger Mächtigkeit beträgt 12 km^2 .

2.4.6. Flöz D_9

Flöz D_9 liegt an der Basis des oberen Teiles der Flözgruppe D in einem Abstand von 12 - 14 m über Flöz D_6 (70).

Mächtigkeit und Struktur des Flözes sind ausgesprochen unregelmäßig.

Die Flächenausdehnung des Flözes beträgt $3,8 \text{ km}^2$.

2.4.7. Flöz D_{11}

Flöz D_{11} ist das zweite Flöz der oberen Flöz-Gruppe, das abbauwürdige Mächtigkeiten in einzelnen Bereichen aufweist. Es liegt durchschnittlich 5 m über Flöz D_9 . Dieser Abstand schwankt zwischen 1,5 und 10,0 m.

Die Mächtigkeit des Flözes wechselt zwischen 0,5 und 1,08 m bei einer mittleren Mächtigkeit von 0,75 m (70).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß

- die Flöze D_3 , D_5 , D_9 und D_{11} sehr unregelmäßig ausgebildet sind. ihre Mächtigkeiten schwanken stark und oft treten Zwischenmittel auf. Die Bauwürdigkeit ist daher gegenwärtig nur sehr beschränkt gegeben.
- die Flöze D_2 , D_4 , D_5 und D_6 dagegen für die Ausbeutung vorgesehen werden können.
- das Flöz D_2 im gesamten Untersuchungsgebiet mit unterschiedlichen Mächtigkeiten vorhanden ist.
- die Mächtigkeit des Flözes zwischen 0,5 und 3,75 m bei einer mittleren bauwürdigen Mächtigkeit von 1,55 m liegt.

3. WIRTSCHAFTSGEOLOGISCHE PARAMETER ZUR LAGERSTÄTTENBEWERTUNG

Die Faktoren der wirtschaftsgeologischen Bewertung der Lagerstätten und ihre Rohstoffgehalten lassen sich in vier Gruppen einteilen (31, 32, 33, 41, 48, 49, 76, 91):

1. lagerstättenbedingte Faktoren
(geologisch-lagerstättenkundliche Parameter)
2. lagerstättenabhängige Faktoren
(extreme geologische Faktoren)
3. technologische Faktoren
(Abbau- und Aufbereitungsmethoden)
4. wirtschaftliche Faktoren
(Marktfaktoren)

Abgesehen von der Marktlage, die durch die Abnahme der Gesamtförderung durch das Stahlwerk NISC stabil ist, unterliegen die Lagerstätten von Kerman diesen Faktoren. Die Faktorengruppen 1 - 3 sind deshalb im folgenden eingehend zu behandeln.

3.1. Lagerstättenbedingte Faktoren (interne Parameter)

3.1.1. Teufenlagen und Neigung der Flöze

Die Mächtigkeit und Standfestigkeit der die Lagerstätte überdeckenden Gesteine ist für die Form des Gruben-Aufschlusses von wesentlicher Bedeutung. In der Schachtanlage Babnizu wird die Kohle von der Oberfläche bis zu NN + 2440 m durch die Stollen 1 und 2 abgebaut.

Fahrung, Förderung, Wetterführung und Transport des Versatzmaterials ist dabei einfach und kostensparend.

Mit zunehmender Teufe (ab 2440 bis 1850 m über NN) wird die Kohle durch 2 Schächte und 7 Sohlen aufgeschlossen.

Die größere Teufen der Flöze wirkt sich insbesondere auf die Kosten des Aufschlusses der Lagerstätte sowie beim späteren Abbau auf die Förderkosten negativ aus. Infolge des steigenden Gebirgsdruckes werden auch die Kosten der Unterhaltung der Grubenräume beeinflusst. Ferner steigt auch im Kermanbecken mit wachsender Teufe die Gebirgstemperatur mit einer geothermischen Tiefenstufe von etwa 55 m (vgl. 3.2.3.). Die aus der zunehmenden Gebirgstemperatur resultierende Verschlechterung des Grubenklimas stellt erhöhte Anforderungen an die Wetterführung. Z.B. nehmen im Ruhr-Bergbau die Gewinnungskosten bei einer Teufenzunahme von 700 auf 800 m um rund 2 % zu. Diese Kostenzunahme ist progressiv mit wachsenden Teufen (1).

Von größtem Einfluß auf die Leistungsfähigkeit des Abbaues ist das Einfallen der Lagerstätte.

Nach dem Flözeinfallen werden die Abbaubetriebe des Kermanbeckens in folgende Gruppen eingeteilt:

- a. Bergwerke Pabdana, Khumrud, Pabdana-Süd, Hashuni befinden sich im Nordwesten der Kermaner Mulde mit Flözneigung von 30^g bis 40^g - das ist halbesteile Lagerung.
- b. Die Schachtanlagen Eshkeli, Hadjedk, Assadabad, Babnizu und Babnizu-Ost befinden sich im Südosten der Kermaner Mulde. Das Flözeinfallen beträgt hier 65^g bis 95^g - das ist steile Lagerung (58).

Aufgrund des unterschiedlichen Flözeinfallens unterscheiden sich die Abbaubetriebe der einzelnen Lagerungsgruppen im Zuschnitt, in der Gewinnung, der Fördermethode, dem Ausbau, der Sicherheit und der Höhe der Betriebspunktförderung in starkem Maße.

Auch die tektonischen Bedingungen sind nicht einheitlich. Bei stei-

ler Lagerung, z.B. in Babnizu, ist im allgemeinen eine erheblich größere Störungshäufigkeit beobachtet worden. Abförderung der Kohle und Bergzufuhr erfolgen durch Ausnutzung der Schwerkraft.

An andererseite ermöglicht steile Lagerung eine hohe Förderleistung bei geringerem Zeit- und Materialaufwand.

3.1.2. Beschaffenheit des Nebengesteins (Hangendes und Liegendes)

Die Beschaffenheit des Nebengesteins, in erster Linie die Beschaffenheit des Hangenden und des Liegendes beeinflusst die Bauwürdigkeit des Flözes in hohem Maße.

Im Hangenden und Liegenden des Kohlenflözes D_2 in der Schachthanlage Babnizu existieren bis zu 80 cm mächtige Schichten aus kohlehaltigem Tonschiefer als Scheinbares Hangendes und Liegendes. Nach dem Auskohlen haben diese Schichten nicht genug Bindeskraft, das Hangende und Liegende zu halten. Außerdem sind die Nebengesteine durch Klüftung stark zerbröckelt, was die Arbeitsbedingungen weiter erschwert. Der erhöhte Holzverbrauch und die Lieferung unreinerer Kohle senken Förderleistungen und Kohlequalität und vergrößern die Abbaukosten.

Das Haupthangende des Flözes D_2 besteht aus Sandschiefer und Tonschiefer, unreiner und linsenförmiger Kohle. Die Mächtigkeit beträgt 1 - 3 m.

Das Liegende setzt sich aus 60 % Sandschiefer, 15 % Tonschiefer und 15 % Sandstein zusammen.

Das "Scheinbare Liegende" besteht aus 15 % Kohle mit hohem Aschegehalt, 25 % unreiner Kohle, 25 % Tonschiefer und 35 % Sandschiefer.

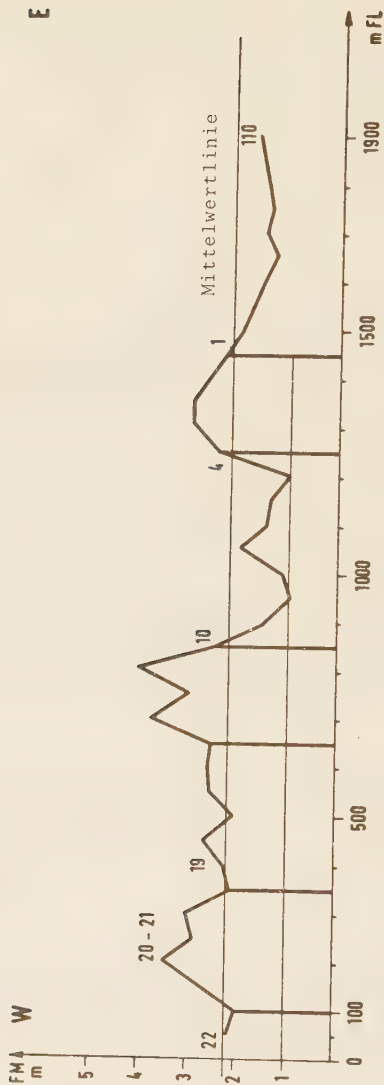


Abb. 5 Flözmächtigkeiten der Schachtanlage Babnizu
(FL = Flözlänge, FM = Flözmächtigkeit, 10 = Nr. Abbaupunkt)

E

3.1.3. Flözmächtigkeiten (Schachtanlage Babnizu)

Die Untersuchungen des Flözes D₂ auf der Schachtanlage Babnizu wurden von insgesamt 63 nebeneinander stehenden Abbaupunkten in einer streichenden Länge von 1900 m durchgeführt.

Die Breite der Abbaupunkte liegt zwischen 15 - 40 m, die Höhe zwischen 50 - 150 m. Die Mächtigkeit reicht von 1 - 4 m, im Durchschnitt ca. 2,2 m. Die Lebensdauer je Abbaupunkt beträgt 4 - 10 Monate.

Für die Darstellung in Abb. 5 wurden die Meßwerte von 63 Abbaupunkten verwendet, davon einige als Mittelwerte. Die Mächtigkeit der Flöze westlich von Abbaupunkt 10 liegt meist über, östlich davon meist unter dem Durchschnittswert.

Flözmächtigkeiten unter 0,60 m werden derzeit nicht abgebaut, da wegen des hohen Anteils an Nebengestein, des hohen Aschegehalts und des geringen Arbeitsraumes für Fahrung und Förderung eine zu geringe Hauerleistung zu erwarten ist.

3.1.4. Tektonische Einflüsse in der Schachtanlage Babnizu (Versetzungsbeträge der Flöze)

Das Kermaner Kohlenbecken bildet eine große Muldenstruktur, deren Ausdehnung, gemessen am Zutagetreten der Badamu-Formation (Perm), ca. 80 km in der Länge und 15 km in der Breite mißt. Die Mulde erstreckt sich von Südost nach Nordwest (Abb. 1). Im Querschnitt ist die Mulde asymmetrisch (Abb. 6), denn der Südwestflügel fällt etwas steiler ein als der Nordostflügel. Der Südwest-Flügel der Mulde ist durch Spezialfalten und Störungen gekennzeichnet. Die



Abb. 6 Geologisches Profil durch den Südostteil des Kerman-Beckens (nach N.I.S.C. Exploration Department)

Störungen verlaufen einerseits etwa parallel zur Muldenachse und andererseits etwa senkrecht dazu. Die Längsstörungen zerlegen die Lagerstätte in einzelne Blöcke, während die Querstörungen die Flöze versetzen. In einigen Teilen der Muldenstruktur sind triasische Serien sogar über jurassische Gesteine geschoben worden.

Im Südwesten wird die Muldenstruktur begrenzt durch eine noch heute aktive Störungslinie (Kuh-benan-Störung). Diese zählt zu den bedeutendsten Störungslinien des Iran.

Der südöstliche Teil des Kohlenbeckens weist eine sehr komplizierte Tektonik auf. In diesem Gebiet befinden sich vor allem die Synklinale Bidu und die Antiklinale Schahzademohamed, daneben einige kleine Synklinalen und Antiklinalen. Zahlreiche Längst- und Transversalstörungen zerlegten die Flöze.

Große Transversal-Störungen im Gebiet von Babnizu (Südost-Teil) sind:

Darbid-Khun, Gesestan und Hodjedk.

Die Bidu-Synklinale zwischen Assadabad - Hedjedk und Eshkeli ist knieförmig; die Breite der Synklinale zwischen den beiden Rändern der Dahrud-Serie beträgt 4,0 - 6,5 km und ihre Länge 28 km. Aufgrund des starken tektonischen Druckes gegen den Block von Schahzademohamed wurden der westliche und der südwestliche Teil der Bidu-Synklinale verschuppt.

Das Kohlengebiet von Babnizu liegt im Südosten der Bidu-Synklinale; die Neigung der Schichten schwankt hier zwischen 60° und 95° . Die tektonische Struktur ist sehr kompliziert, es können hier Spezialfalten und zahlreiche Verwerfungen beobachtet werden.

Typenmäßig sind die Störungen wie folgt unterteilt:

Gruppe 1: Transversal- und Längsstörungen mit 5 - 30 m Sprunghöhe

Gruppe 2: Transversal- und Längsstörungen bis 5 m Sprunghöhe

Gruppe 3: Transversal- und Längsstörungen mit Aufschiebungen

Gruppe 4: Schichtparallele Störung mit Sprung innerhalb und zwischen den Flözen von Kohlenserien.

Durch Klüftung und Verwerungen kann in der Zone D eine starke flözinterne Veränderung der Flöze beobachtet werden. Die Flöze werden dadurch nicht unterbrochen, aber die Mächtigkeiten werden verändert. Unter diesen Bedingungen ist die anfängliche Struktur der Kohle nicht erhalten geblieben, sondern die Kohle ist über die gesamte Flözmächtigkeit stark kataklastisch zerstört oder nur in einzelnen Teilen in der Struktur erhalten geblieben.

Eine kurze Beschreibung der Störungen in diesem Gebiet:

20 Verwerfungen der Gruppe 1 sind beobachtet worden; drei davon mit einer Sprunghöhe von etwa 15 m, nämlich

die Störung zwischen den Querschlügen $1/2$ und $1/4$,

die Störung zwischen den Querschlügen $1/13$ und $1/15$ und

die Störung zwischen den Querschlügen $1/9$ und $1/11$.

Die Sprunghöhe der anderen Verwerfungen liegt unter 10 m. Das Einfallen der Störungen ist teilweise senkrecht, teilweise schräg zu den Flözen.

Ein Teil der Verwerfungen kann zwar an der Erdoberfläche beobachtet werden, sie laufen z.T. ab in die Tiefe, so daß sie beispielsweise im Stollen Nr. 1 nicht mehr vorhanden sind, wogegen andere Verwerfungen nur in der Tiefe, nicht dagegen an der Oberfläche auffindbar sind.

An Verwerfungen der zweiten Gruppe sind etwa 50 vorhanden, wobei ihr Einfallen meistens senkrecht zu den Flözen verläuft und ihr Sprung 5 m nicht überschreitet. Zahlreiche dieser relativ kleinen Verwerfungen liegen eng beieinander. Die Mächtigkeit der Kohlenflöze ändert sich häufig in der Nähe der Verwerfungen. Manchmal ist der Bereich zwischen zwei sich kreuzenden Störungen weitgehend mylonotisiert, so daß praktisch eine kohlenfreie Zone entsteht, wie z.B. bei den Abbaupunkten Nr. 6, 7, 29 und 104, deren Breite bis zu 20 m erreicht. Andererseits kommt es vor, daß infolge von Überschiebungen die Mächtigkeit der Kohlenschicht das zwei- bis dreifache erreicht. Dies wurde bei den Abbaupunkten 11, 12, 13, 18, 19, 20 und 21 beobachtet. Diese Kohlenlagen sind kataklastisch, so daß Einsturzgefahr besteht.

Einige Verwerfungen der dritten Gruppe befinden sich am Nordgang des Stollens Nr. 1 in fossilführenden Sandsteinschichten.

Verwerfungen der vierten Gruppe beginnen am südlichen Ende der Darbid-Khun-Störung und liegen außerhalb des Abbaugebietes. Aus diesem Grund stören sie nicht bei der Kohलगewinnung. Außerdem kommen in den Kohlenflözen Klüfte vor, die senkrecht zum Kohlenflöz verlaufen (23, 55, 68, 73).

In diesem Zusammenhang muß gesagt werden, daß die Störungen und ihre Charakteristik in größerer Teufe nicht vollständig bekannt sind. Im Rahmen der bergbaulichen Arbeiten können neue, kleinere Störungen entdeckt werden und die Bestimmung der Merkmale bereits bekannter Störungen verfeinert werden.

3.1.5. Qualitätsmerkmale der Kohle

3.1.5.1. Elementaranalyse der Kohle

Die Elementarzusammensetzung der Kohle hängt vom Inkohlungsgrad ab. Als Maß für den Inkohlungsgrad dient im allgemeinen der Gehalt der wasserfreien und aschefreien Kohle (waf) an flüchtigen Bestandteilen. Eine Elementaranalyse ermittelt den Gehalt der die organische Substanz aufbauenden Elemente, also den Gehalt der Kohle an Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff und Schwefel (35, 36, 37).

Flöze	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff
	%	%	%
D ₂	88,65	4,56	7,32
D ₆	88,67	3,17	7,14

Tabelle 4: Die durchschnittliche elementare Zusammensetzung der Kohle von Babnizu

Aus Tabelle 4 ist eine geringe Zunahme des Kohlenstoffs und eine Abnahme der Wasser-, Sauer- und Stickstoffgehalte des Flözes D₂ zum Flöz D₆ zu beobachten. In den Abb. 7, 8, 9 ist die Abhängigkeit des Gehaltes an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff vom Gehalt an flüchtigen Bestandteilen für das Kohlenflöz Babnizu D₂ dargestellt. Der Verlauf der Kurven zeigt, daß mit Zunehmen der flüchtigen Bestandteile auch der Wasserstoff- und Sauerstoffgehalt größer wird, der Kohlenstoffgehalt jedoch abnimmt.

Der Kohlenstoffgehalt des Flözes D₂ schwankt im gesamten Kermanbecken zwischen 85,40 und 88,65 %, der des Wasserstoffes zwischen 4,56 und 5,34 % (Tabelle 5). Zur Kennzeichnung des Inkohlungsgrades werden die Mengenverhältnisse von Sauerstoff und Kohlenstoff ($\frac{O}{C}$) oder von Wasserstoff zu Sauerstoff ($\frac{H}{O}$) herangezogen.

Schachtanlage	flüchtige Bestandteile (waf, %)	Mittelwert des C-Gehalt %	Mittelwert des H ₂ Gehalt %	O ₂ + N %
Saraperde	33,10	85,40	5,34	9,26
Assadabad	31,60	85,45	5,30	9,25
Hashuni	31,40	85,45	5,30	9,25
Pabdana	28,00	85,54	5,10	9,36
Babnizu-Ost	28,00	85,50	5,08	9,70
Hodjedk	27,30	86,30	4,94	8,76
Eshkeli	26,80	87,70	4,62	7,62
Babnizu	23,00	88,65	4,50	6,79

Tabelle 5: Mittlerer Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt des Flözes D₂ im Kermanbecken

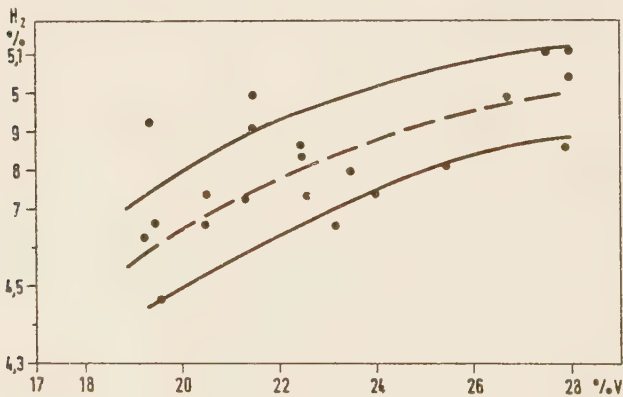


Abb. 7 Beziehung zwischen den Gehalten an Gesamtwasserstoff (H₂) und flüchtigen Bestandteilen (V)

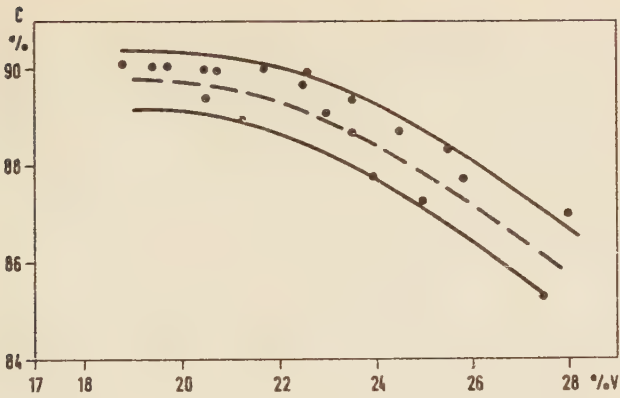


Abb. 8 Beziehung zwischen dem gesamten Kohlenstoff (C) und an flüchtigen Bestandteilen (V)

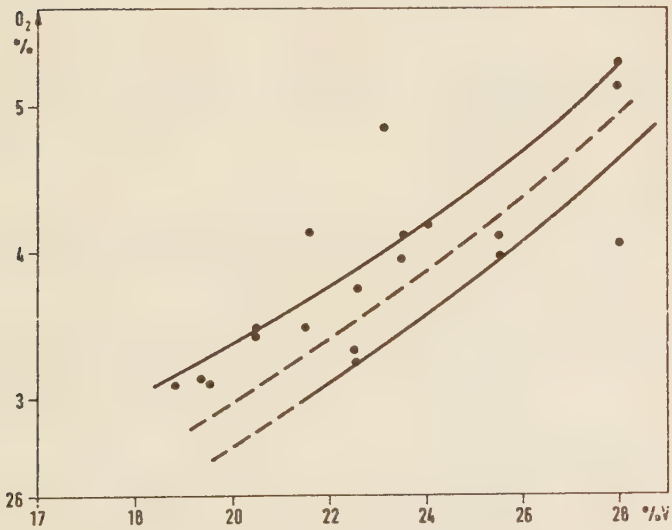


Abb. 9 Abhängigkeit zwischen den Gehalten an organischem Sauerstoff (O₂) und flüchtigen Bestandteilen (V)

3.1.5.2. Kohlenpetrographische Zusammensetzung

Die kohlenpetrographischen Untersuchungen geben für die Aufbereitungs-, Verkokungs- und Hydrierungstechnik wertvolle Hinweise.

Die Ergebnisse eines makropetrographischen Flözschnittes anhand des Glanzes und der Härte am Abbaupunkt 30 des Babnizu-Flözes wird in Tabelle 6 wiedergegeben,

Probe Nr.	Schlitz- mächtig- keit	Härte	Vitri- nit (Vt)	Semi- vitri- nit (Sv)	Fusi- nit (F)	Lip- to- nit (L)	Re- flex- ion (10 R)	Summe der nicht schmelz- baren Kompo- nenten (Lc) %
	m		%	%	%	%	%	
41	0,46	mäßig hart (Halb- glanz- kohle)	76	9	14	1	94,0	20
42	0,13	hart (Glanz- kohle)	81	7	12	1	94,0	17
43	0,45	weich (Matt- kohle)	73	9	17	1	95,0	18
44	0,46	mäßig hart (Glanz- kohle)	76	8	15	1	94,5	20
45	0,25	hart (Halb- glanz- kohle)	80	8	11	1	94,0	17
46	0,45	mäßig hart (Matt- kohle)	71	10	19	-	95,5	26

Tabelle 6: Petrographische Zusammensetzung der Schlitzproben vom Flöz D₂ - Schachtanlage Babnizu

In Anlehnung an den Vorschlag des Internationalen Lexikons für Kohlenpetrographie (47) werden folgende Lithotypen der Kohle unterschieden:

Glanzkohle

Halbglanzkohle

Mattkohle

Faserkohle

Zur Kennzeichnung der Kohle-Mineral-Verwachsungen werden als Lithotypen die Begriffe Brandschiefer und unreine Kohle gebraucht. Alle Lithotypen mit kaum noch erkennbarem Kohleanteil werden zu den Bergen gezählt und ihrem Mineral entsprechend bezeichnet.

Als Glanzkohle werden alle die Kohlen eines Flözes bezeichnet, die sich makroskopisch durch ihren starken Glanz auszeichnen. Es handelt sich dabei stets um vitritreiche Kohle, also um Vitrinite und Clarite (50).

Halbglanzkohlen erscheinen als Durain und Clarain. Die glänzenden und halbgänzenden Kohlenarten sind in hohem Maße lektorisch beansprucht.

Die Mattkohle ist mechanisch widerstandsfähiger als die Glanzkohle und zerbricht meistens in gröberes Korn. Mikroskopisch betrachtet besteht sie aus Clarit und Durit.

Faserkohle wird makroskopisch als seidig, faserig, leicht zerbrechlich und stark abfärbend bezeichnet. Mikroskopisch besteht sie aus Fusinit und Semifusinit (56, 36).

Die quantitative mikroskopische Flöz-Profilanalyse auf Mikrolithotypen stand im Mittelpunkt der Untersuchungen dieser Arbeit. Folgende Mikrolithotypen wurden gefunden (63, 59):

Vitrit

Duroclarit

Clarit

Clarodurit

Durit

Das wesentliche Merkmal der Kohle in Babnizu besteht in dem hohen Gehalt an Vitrit, der im Schnitt 90 % beträgt.

90 % des kohlenflözes D₆ haben einen Vitrit-Gehalt von 90 bis 94 % In den verbleibenden 10 % des Flözes beträgt der Vitrit-Gehalt 70 - 80 % und der Anteil an Semivitrit, Fusinit und Semifusinit mehr als 15 %.

80 % des Flözes D₂ enthalten mehr als 80 % Vitrit, die übrigen 20 % bestehen zu 70 - 80 % aus Vitrit und zu 10 % aus Fusinit. Die beiden wichtigsten Aussagen über die Kohlenvorkommen des Babnizu-Gebietes sind:

- In den Gebieten großer Flöz-mächtigkeit ist der durchschnittliche Gehalt an Vitrit relativ gering und der Gehalt an Semivitrit und Fusinit relativ groß.
- In Bereichen, in denen die Flöz-mächtigkeit kaum 1 m erreicht, enthält die Kohle sehr viel Vitrit, aber wenig Fusinit und Semivitrit.

Flöz	Zahl der Proben	Mikrokomponenten von ... bis ... Mittelwert				nicht schmelzbare Anteile	Schmelzbare Anteile
		L %	Vt %	Sv %	F	Lc %	Fc %
D ₂	50	$\frac{0-2}{1}$	$\frac{56-100}{86}$	$\frac{1-48}{7}$	$\frac{1-25}{6}$	$\frac{1-36}{11}$	$\frac{64-99}{89}$
D ₆ ^o	20	$\frac{1-4}{2}$	$\frac{63-100}{88}$	$\frac{1-36}{7}$	$\frac{1-10}{3}$	$\frac{1-25}{7}$	$\frac{75-99}{93}$
D ₆ ^u	8	$\frac{0-3}{1}$	$\frac{90-98}{96}$	$\frac{1-7}{2}$	$\frac{0-7}{1}$	$\frac{2-7}{4}$	$\frac{93-98}{96}$

Tabelle 7: Art und Menge der Mikrokomponenten der Kohlenflöze D₂ und D₆ der Schachtanlage Babnizu

Liptonit gehört zu den Mikrokomponenten, die die Verkokungsfähigkeit der Kohle erhöhen (68, 73).

Die Gesamtheit der Mikrokomponenten, die die Verkokungsfähigkeit der Kohle herabsetzen oder erhöhen, wird durch folgende Formel bestimmt (vgl. Lit. 68):

$$L_c = \frac{2}{3} S_v + F \quad L = \text{Liptonit}, \quad V_t = \text{Vitrinit}$$

$$F_c = \frac{2}{3} V_t + F \quad S_v = \text{Semifusinit}, \quad F = \text{Fusinit}$$

L_c = Summe der Mikrokomponenten, die die Verkokungsfähigkeit der Kohle herabsetzen.

F_c = Summe der Mikrokomponenten, die die Verkokungsfähigkeit der Kohle erhöhen.

Die Kohlen der Schachtanlagen Babnizu, Saraperdeh und Khumrud enthalten Vitrinit zu 80 - 90 %, Mixynit zu 1 - 3 % und Fusinit zu 1 - 11 %. Die Summe der nichtbackfähigen Komponenten beträgt 1 - 19 %.

In den Kohlengebieten Pabdana, Hashuni, Eshkeli und Hodjedk weisen die Flöze D_0 - D_2 Vitrinit-Anteile von 57 - 77 % und Fusinit-Anteile von 10 - 19 % auf, bei einem Anteil der nicht backfähigen Komponenten von 18 bis 32 %.

Die Flöze D_3 bis D_{12} enthalten dort 72 - 93 % Vitrinit, 1 - 12 % Fusinit und insgesamt 3 - 22 % nichtbackfähige Komponenten.

3.1.5.3. Kohlenarten

Gegenwärtig gibt es keine industrielle Klassifikation der Kohlen im Iran. Die Klassifikation der Kohle in verschiedenen Kohlenbecken der UdSSR paßt nicht auf die Vorkommen im Iran. Im Augenblick (bis eine solche Klassifikation für Kohlen von iranischen Lagerstätten ausgearbeitet ist) werden die Kohlen des Kerman-Beckens mit dem

Rang "TK" (Technische Kohle) bezeichnet (Fett-, Gas-, Eß- und Magerkohle).

Im Institut Vukhin (UdSSR) ist die Kohle des Kerman-Beckens untersucht worden. Dabei stellte man fest, daß sie große Ähnlichkeit mit der Kohle des Kuznezbeckens hat. Darum gilt die in (Tabelle 8) wiedergegebene Einteilung der Kohlenarten des Kuznez-Beckens auch für die Kohlenarten des Kerman-Beckens.

Der Inkohlungsgrad der Steinkohle der Schachtanlage Babnizu nimmt von Osten nach Westen zu und gliedert sich grob in vier Blöcke (Abb. 10).

Inkohlungs- grad	Kohlenstoff %	Flüchtige Bestand- teile %	Reflexion des Vitrinites in der in Öl Luft (Ra) von-bis		Heizwert k cal/kg
I	77	39	70 - 76	0,63	7500 - 8000
II	82	39	76 - 82	0,81	7900 - 8600
II - III	83	35	82 - 86	0,96	8000 - 8600
III	85	31	86 - 90	1,1	8300 - 8700
IV	88	24	90 - 97	1,32	8400 - 8700
IV - V	89	16	97 - 102	1,58	-
V	90	12	102-107	1,84	8450 - 8780
VI	91	12	107-115	2,24	7300 - 8750

Tabelle 8: Einteilung der Kohlenarten des Kerman-Beckens

Im östlichen Teil besitzt die Kohle eine mittlere Vitrinitreflexion von 90 %, eine mittlere Plastometrie von 18 mm und einen Anteil an flüchtigen Bestandteilen von 25 % (24 - 28 %). Nach Tabelle 8 gehört diese Kohle also zu dem Inkohlungsgrad III - IV und der Kohlenart 'überfette Kohle' (21, 68, 56). Die Kohle dieses Teiles ist sehr

gut backfähig (nach der Laborbezeichnung von Kerman Ksh₁₄). Im östlichen Teil des Zentralgebietes vom Abbaupunkt 29 bis 6, liegt eine Kohle vor, die eine mittlere Vetrinitreflexion von 94 %, eine mittlere Plastometrie von mehr als 15 mm und einen Gehalt von 23 % an flüchtigen Bestandteilen aufweist. Die gleichen Werte finden sich für die Kohle im Westteil. Das bedeutet nach Tabelle 8 den Inkohlungsgrad IV und Kohlenart 'unterfette Kohle'. Diese Kohle hat eine mäßige Backfähigkeit (nach Kerman-Laborbezeichnung K₁₃).

Die Kohle des westlichen Teiles des Zentralgebietes gehört zu den koksfähigen Stufen IV und V und zur Kohlenart 'unterfette Kohle'. Ihre mittlere Reflexion beträgt 97 %, die mittlere Plastometrie 11 mm und der Anteil der flüchtigen Bestandteile liegt bei 19 %. Diese Kohle hat eine schwache Backfähigkeit (K₁₀). Im zentralen Teil des Gebietes nimmt der Inkohlungsgrad der Kohle mit zunehmender Teufe zu und erreicht in 600 m Tiefe den Inkohlungsgrad IV bis V. Die genauen Verhältnisse lassen sich aus der Tabelle 9 entnehmen.

Diese Abweichungen können auf die unterschiedliche tektonische Beanspruchung zurückgeführt werden. Wie aus der Abb. 11 ersichtlich ist, ändert sich auf einer Strecke von 6,5 km die Vitrinitreflexion um 7 % und der Anteil an flüchtigen Bestandteilen ebenfalls um 7 %.

Aus Tabelle 9 und dem internationalen Klassifikations-System (35 - 47, 64) geht hervor, daß der größte Teil der Kohle der Schachtanlage Babnizu als mittelmäßig bis gut kokend bezeichnet werden kann.

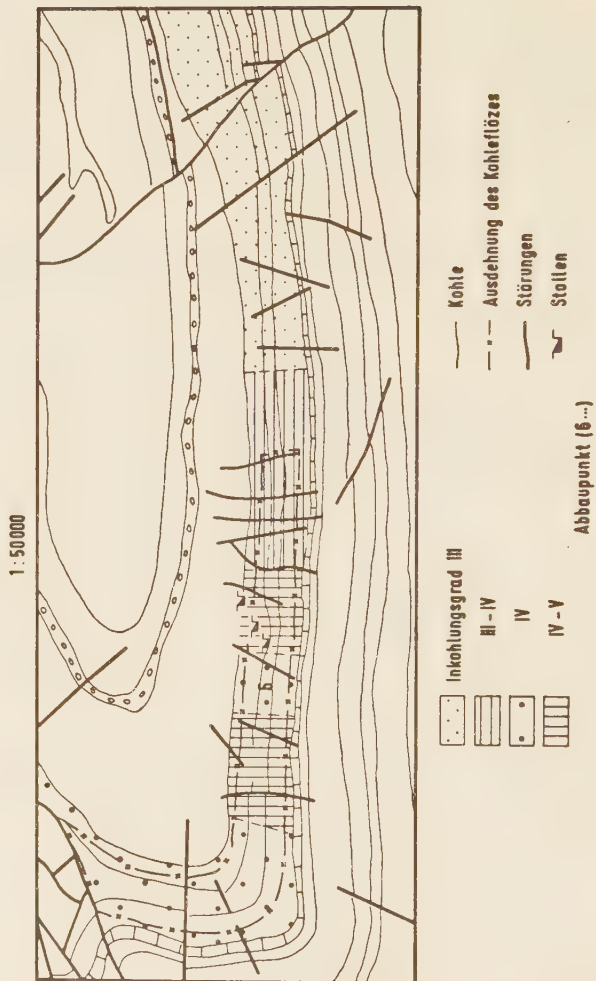


Abb. 10 Verteilung der Kohlenarten in der Grube Babnizu

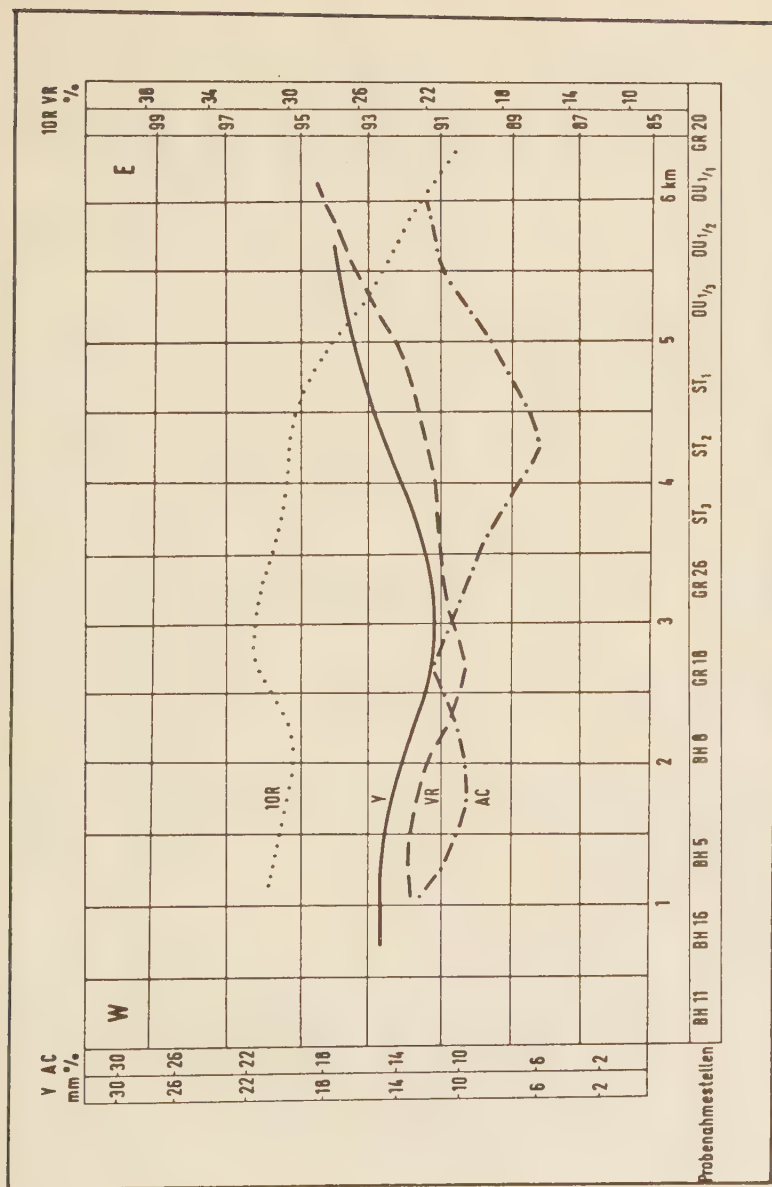


Abb. 11 Veränderung der wichtigsten Kennzahlen im Flöz D₂ entlang eines Ost-West-Profiles
(Y = Plastometrie, R = Reflexion, AC = Aschegehalt, VR = flüchtige Bestandteile)

Flöz- Nr.	Teilgebiet	Mittlere Reflexion (10 Ra)	Mittlere flächige Best.- teile V (%)	Mittlerer Koh- lenstoff- gehalt (%)	Mittlere Wär- meenergie $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	Mittlere Pla- stome- trie (mm)	Inkoh- lungs- grad	Symbol der Kohlen- art im Iran	Kohlenart	God-Nr.
D ₂	Ostteil	90	25	88	8571	18	III-IV	Ksh ₁₄	überfette Kohle	434
	Ost-, Zentral und Westteil	94	23	88,3	8735	15	IV	K ₁₃	Fettkohle	533
	West- Zentral	97	18	89	8735	11	IV-V	K ₁₀	unterfette Kohle	332-333
	Ostteil	90	26	88,1	8658	23	II-IV	Ksh ₁₄	überfette Kohle	434-533
D ₆	Ost-, Zentral und Westteil	95	23	88,5	8812	18	IV	K ₁₃ - Ksh ₁₄	Fett-, Überfett- kohle	332-333
	West- Zentral	97	19	89	8812	16	IV-V	K ₁₃	fette Kohle	332-333

Tabelle 9: Einteilung der Kohlen in den Flözen D₂ und D₆ der Schachthanlage Babnizu nach dem internationalen Klassifikationssystem.

3.1.5.4. Schwefelgehalt

In der als Koks-kohle verwendeten Kohle aus dem Kerman-Becken wird durch Mischung von verschiedenen Kohlenarten ein möglichst gleichmäßiger Schwefelgehalt angestrebt.

Grundsätzlich ist der Schwefelgehalt aber abhängig von allen beteiligten Flözen.

Ein Ziel im Rahmen dieser Arbeit war, die Koks-Kohlen in quantitativer und qualitativer Beziehung auf die Hauptschwefelträger zu untersuchen, damit durch die betriebliche Verwertung dieser Resultate die Schwefelgehalte der gesamten Koks-kohle beherrscht werden können. Es muß auch bei wechselnden Abbauverhältnissen eine Kohlenmischung erzielt werden, die eine Koks-kohle mit geringstem Gehalt an Gesamtschwefel beinhaltet.

Zu diesem Zweck wurde zunächst die Kohle auf den Gesamtschwefelgehalt untersucht (Tabelle 10). Der Schwefel kommt in drei verschiedenen Verbindungen in der Kohle vor (36, 37):

- als organischer Schwefel,
- als Sulfate,
- als Eisensulfide.

Organische Schwefelverbindungen sind in den Flözen D₂ und D₆ der Babnizu mit bis 0,4 % Schwefel und in der Hashuni mit bis 0,74 % S nachgewiesen worden. Schwefel in Sulfaten (CaSO₄, Na₂SO₄) kommt in der Verwitterungszone vor. In Babnizu sind es durchschnittlich 0,1 % S.

Die Eisensulfide (Pyrit, Markasit) (36) kommen teils als Konkretion, teils auch in fein verteilter Form in den Kohlenflözen vor. An einigen Stellen im Kerman-Kohlenbecken, z.B. in Babnizu-Ost, Assadabad und Eshkeli ist fein verteilter Pyrit besonders stark vorhanden.

Eine Entfernung dieses Schwefelgehaltes in Aufbereitungsanlagen, z.B. durch elektrostatische Aufbereitung oder durch Flotation erscheint technisch schwierig und kostspielig (36, 37). Obwohl die gewaschene Feinkohle der erwähnten Schachtanlagen mit Kohle anderer Schachtanlagen gemischt wird, soll sie in Zukunft wegen des hohen Schwefelgehaltes nur in geringem Umfang in die Koks-kohle einbezogen werden.

Wie aus Tabelle 10 ersichtlich wird, enthält Flöz D_6^O durchschnittlich die höchsten Schwefelgehalte (maximal 6,38 % S), während das Flöz D_2 den geringsten Durchschnittsgehalt aufweist (maximal nur 2,4 % S).

Der Schwefelgehalt der Schachtanlage Babnizu nimmt vom Liegenden zum Hangenden zu, und zwar vom Flöz D_2 von 1,3 % S auf 2,63 % S im Flöz D_6^O (Tabelle 10).

Flöz-Nr.	Gesamtschwefelgehalt %		Mittlerer Schwefelgehalt %
	von	bis	
D_2	0,37	2,40	1,30
D_5^u	0,94	1,89	1,34
D_5^O	0,92	2,53	1,72
D_6^u	0,01	4,62	1,85
D_6^O	0,63	6,38	2,63

Tabelle 10: Schwefelgehalte der Kohlenflöze D_2 , D_5 und D_6 der Schachtanlage Babnizu.

Die in Abb. 12 dargestellten Punkte auf der Kurve sind Mittelwerte des Schwefelgehaltes, die sich aus den Proben der Querschläge der Stollen Nr. 1 und 2 ergaben. Der Schwefelgehalt beträgt hier zwischen 0,5 und 2,6 % (im Durchschnitt 1,4 %).

Der Schwefelgehalt zwischen den Querschlägen 18 und 6 liegt unter 1,4 %, östlich von Querschlag 6 über dem Durchschnittswert. Der Grund hierfür ist einerseits in der Topographie zu suchen, denn der Ostteil der Strecke ist näher an der Oberfläche und damit im Bereich der Oxydationszone. Andererseits werden im Ostteil die Flöze auch durch starke Klüftung beeinflusst.

Schachtanlage	Schwefelgehalt %		
	von	bis	Mittelwert
Babnizu-Ost	0,6	3,6	2,5
Assadabad	0,8	3,4	2,3
Khumrud	0,7	3,3	2,1
Eshkeli	0,8	3,2	2,0
Saraperdeh	0,6	2,8	1,5
Pabdana	0,8	2,0	1,4
Babnizu	0,4	3,4	1,3
Hashuni	0,4	3,4	1,2
Hodjedk	0,5	1,0	0,7
	0,62	2,9	1,66

Tabelle 11: Schwefelgehalte der Kohlenflöze D₂ des Kerman-Beckens

Aus Tabelle 11 kann entnommen werden, daß die Kohlenflöze von Babnizu-Ost durchschnittlich den höchsten Schwefelgehalt (maximal sogar 3,6 % S) und die von Hodjedk den geringsten (maximal 1 %) aufweisen.

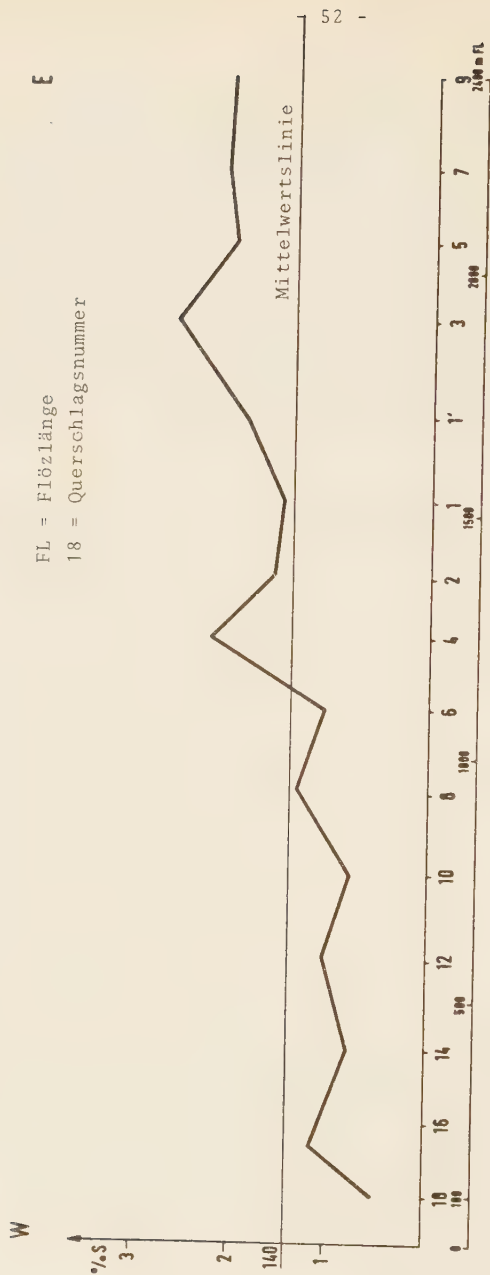


Abb. 12 Schwefelgehalt des Flözes D₂ (Schachtanlage Babnizu)

Man rechnet im Kerman-Kohlenbecken mit einem durchschnittlichen Schwefelgehalt von 1,66 %.

Durch Aufbereitung kann der Schwefelgehalt auf 1,2 - 1,4 % S herabgesetzt werden. Diese Werte werden von dem Kokereiwerk NISC (bei Esfahan) verlangt.

Seit 1971 wird die Kohle aus den Schachtanlagen von Pabdana und Babnizu jedoch ohne Aufbereitung gefördert.

Der Schwefelgehalt der geförderten Kohle betrug bisher 1,3 - 1,4 % S, was gerade noch tragbar für die Erzeugung von Koks ist.

Die geplante Inbetriebnahme sämtlicher Schachtanlagen wird jedoch ergeben, daß die Vermischung der gesamten geförderten Kohle den geforderten Schwefelgehalt übersteigt, so daß unbedingt eine Aufbereitung nötig wird.

3.1.5.5. Phosphorgehalt

Der mittlere Phosphorgehalt des Kohlenflözes D₂ der einzelnen Schachtanlagen des Kerman-Beckens (mit Ausnahme von Hashuni) liegt unter 0,1 % (Tabelle 12).

Der mittlere Phosphorgehalt des Flözes D₂ des gesamten Kerman-Beckens beträgt 0,04 % (68 %).

Zwar wird dieser Wert durch unterschiedliche Förderung der einzelnen Anlagen auch überschritten, doch sind nach PETRASCHECK (73) bis zu 0,3 % Phosphorgehalt der Kohle für die Stahlindustrie noch erträglich.

Schachtanlage	Phosphorgehalt		%
	von	bis	
Pabdana	0,002	0,176	0,024
Babnizu	0,003	0,007	0,034
Babnizu-Ost	0,005	0,124	0,025
Hodjedk	0,002	0,061	0,031
Eshkeli	0,004	0,040	0,022
Hashuni	0,040	0,245	0,121
Saraperdeh	0,004	0,078	0,023
Assadabad	0,030	0,060	0,034

Tabelle 12: Phosphorgehalte der Kohlen im Kerman-Becken

3.1.5.6. Flüchtige Bestandteile-Untersuchungen über Möglichkeiten der Ausgasung

Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen dient als wichtigster Parameter für die Unterteilung von Kohlenarten und gibt einen Hinweis auf das betriebliche Ausbringen an Koks. Die flüchtigen Bestandteile entweichen aus der organischen Substanz der Kohle bei der Tiegel-Verkokung mit dem entbundenen Gas und dem dampfförmigen Anteil der Kohle. Sie werden im Verhältnis zur asche- und wasserfreien Kohle (waf) angegeben. Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen nimmt im allgemeinen mit steigendem Inkohlungsgrad ab (36, 37, 60, 61, 44).

Aus der Tabelle 13 ist zu entnehmen, daß mit steigendem Vitrinit-Anteil der Anteil der flüchtigen Bestandteile größer wird. Wie aus Abb. 11 (S. 47) ersichtlich, wurden auf 6,5 km im Streichen des Flözes D₂ Proven entnommen. Die Proben haben ergeben, daß die flüch-

tigen Bestandteile sowie die Reflexion des Vitrinits anfänglich abnimmt (bis zu km 2). Man kann dann weiter beobachten, daß die Reflexion des Vitrinits bis zum Kilometer 3 ansteigt, die flüchtigen Bestandteile sich dagegen unverändert verhalten. Erst nach Kilometer 3 steigen die flüchtigen Bestandteile an. Die Reflexion des Vitrinits sinkt ab. Ergebnis dieser Untersuchungen ist, daß sowohl die Zunahme der flüchtigen Bestandteile und die Reflexion des Vitrinits als auch die Abnahme ca. 7 % betragen.

Qualität der Kohle	Bereich mit geringerem Vitrinит-Anteil			Bereich mit höherem Vitrinит-Anteil		
Vitrinit- Anteil %	84	86	83	96	93	96
Flüchtige Bestandteile	24	20	20	29	26	28
Blähgrad	18	15	14	23	20	22

Tabelle 13: Verhältnis von Vitrinit-Anteil, flüchtigen Bestandteilen und Blähgrad in Babnizu

Diese Unterschiede besagen, daß sich die Qualität der Kohle von Babnizu sowohl im Streichen als auch in der Teufe ständig ändert.

Vergleicht man die mittleren flüchtigen Bestandteile (waf) der einzelnen Kohlenarten des Kerman-Beckens (Abb. 13), so zeigt sich, daß Saraperdeh mit 33,1 % flüchtiger Bestandteile an der Spitze steht. Der optimale Bereich für die Verkokbarkeit wird von der Kohle in Babnizu mit dem Gehalt an mittleren flüchtigen Bestandteilen von 23 % erreicht. Der Verlauf der Kurve in Abb. 13 zeigt mit Ausnahme der Kohlenflöze der Schachanlage Eshkeli eine ziemlich gleichmäßige Abnahme der flüchtigen Bestandteile nach dem Reifegrad der Kohle.

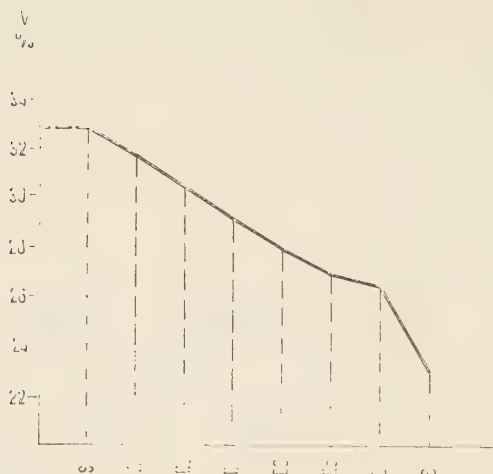


Abb. 13 Mittlere flüchtige Bestandteile des Flöz D₂ im Kerman-Becken

Schachtanlagen: S = Saraperdeh, A = Assadabad,
Ha = Hashuni, K = Khumrud, BO = Babnizu-Ost,
Ho = Hodjedk, E = Eshkeli, B = Babnizu

Untersuchungen über Möglichkeiten der Ausgasung

Die Ergebnisse über die Lage der Gaszonen, die Bestimmung der oberen Grenze der Diffusion von Methan, die Größe des Gasgehaltes des Kohlenflözes und des umgebenden Gesteins können für die Kohlenvorkommen im Kerman-Becken wie folgt zusammengefaßt werden:

Im Deckgebirge der Steinkohlenflöze sind hauptsächlich folgende Gase enthalten: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxyd, Schwefelwasserstoff und Methan mit seinen Begleitern (Wasserstoff, Äthan).

Die Schwefelwasserstoff-Menge konnte wegen des Fehlens von Spezialinstrumenten im Kerman-Laboratorium nicht bestimmt werden.

Der Anteil der Gaskomponenten ändert sich mit der Höhe des Inkohlungsgrades und mit zunehmender Teufe (84).

Nach dem Gasgehalt im Kohlenflöz der Schachthanlage Babnizu (68) von der Oberfläche aus mit zunehmender Teufe unterscheidet man folgende Zonen:

Oberflächennahe Zone ("gasfreie" Zone): In dieser Zone treten Kohlendioxyd, Stickstoff und sehr wenig Methan auf. Diese Stoffe überwiegen bis zu einer Tiefe von 70 m.

Ca. 20 - 30 % des Grubengases besteht aus Äthan, Propan und Buthan. Diese Gase vermindern zusätzlich die Explosionsgefahr.

In der Übergangszone tritt neben Stickstoff Methan auf. Diese Zone liegt in 80 - 115 m Tiefe. Beim gesamten ausströmenden Gas erreicht das brennbare Gas einen Anteil bis zu 70 %. In dieser Zone besteht geringe Explosionsgefahr.

Die gasreiche Zone liegt in Babnizu unterhalb 115 m Tiefe. Zahlreiche Gasproben im Bereich von 115 - 150 m Tiefe haben ergeben, daß dort weniger als 80 % brennbare Gase angezeigt wurden. Ab 150 m Tiefe hat das ausströmende Gas einen Anteil von über 80 % brennbarem Gas. In dieser Zone besteht Explosionsgefahr.

Die gasfreie Zone in Babnizu liegt in 70 m Tiefe und in Hashuni in 500 m Tiefe, d.h. in dem Kohlenflöz Hashuni hat starke Ausgasung stattgefunden.

Die Höhe des Gasgehaltes vom Flöz D₂ pabdana (70) beträgt in 100 m Tiefe Null und in 500 m Tiefe $7,7 \text{ m}^3/\text{t}$ Kohle. Im Vergleich dazu enthalten die Flöze von Babnizu in 100 m Tiefe $7,8 \text{ m}^3/\text{t}$ und in 500 m Tiefe $18,8 \text{ m}^3/\text{t}$ Gas (Tab. 14). Hier kann man sagen, daß der niedrige Methangehalt in Pabdana aufgrund des niedrigeren Inkohlungsgrades (Gaskohle) zustande kommt.

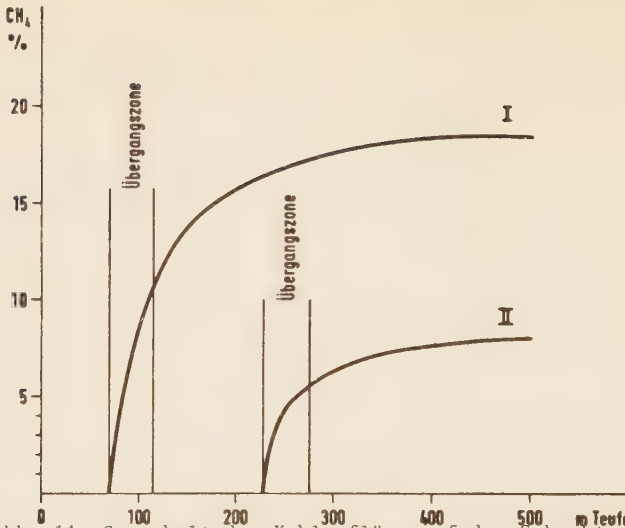
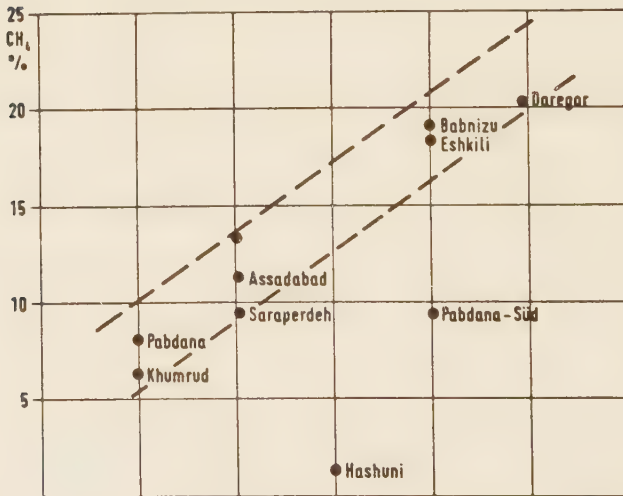


Abb. 14 Gasgehalt der Kohlenflöze auf den Schachtanlagen Babnizu (I) und Pabdana (II) in Abhängigkeit von der Tiefe



Reflexion in %	80	85	89	93	96	103
Inkohlungs- grad	II	II - III	III	III - IV	IV	IV - V

Abb. 15 Mittlerer Gasgehalt bei 500 m Tiefe auf den Schachtanlagen des Kerman-Beckens

Schachtanlage	Gasfreie Zone m	Methangehalt in 500 m Teufe %
Babnizu	70	18,5
Hodjedk	70	15,0
Daregor	100	21,0
Babnizu-Ost	120	13,0
Pabdana-Süd	150	9,6
Pabdana	230	7,7
Hashuni	500	1,0

Tabelle 14: Mächtigkeit der gasfreien Zone und Methangehalt in 500 m Teufe

Dagegen kann bei den Flözen in Babnizu der hohe Methangehalt der Kohlenflöze mit höherem Inkohlungsgrad (Fettkohle) der Kohle erklärt werden. In Abb. 14 ist der Anteil des Gasgehaltes der Kohlenflöze der Schachtanlage Babnizu (I) und Pabdana (II) dargestellt. Die Kurven verlaufen anfänglich steil, werden aber zunehmend flacher. In Abb. 15 ist der Gasgehalt der Kohlenflöze der Schachtanlagen des Kerman-Beckens in Abhängigkeit vom Inkohlungsgrad dargestellt. Die chemische Zusammensetzung des Gases aus Nebengesteinen (Hangendes und Liegendes) ist qualitativ ähnlich wie das Gas der Kohlenflöze (84, 68). Die auftretenden Gasmengen je Volumeneinheit sind jedoch wesentlich geringer als in der Kohle selbst, die Gasgehalte schwanken im Kerman-Becken zwischen 2 und 4 m³/t Gestein, in Babnizu liegen sie bei 2 m³/t Gestein.

3.1.5.7. Bläheigenschaften (Plastometrie)

Das Backvermögen der Kohle wird durch die Dicke der Preßschicht charakterisiert. Im Laboratorium von Kerman wird zur Beurteilung

der Verkokungseigenschaften der Kohle mit Plastometrie nach SABOJNIKOW (80) gearbeitet.

Die Plastometrie wird mit dem Symbol Y und in mm ausgedrückt. In Tabelle 15 ist das Backvermögen der Kohle nach Plastometrie und Kohlenart dargestellt (68, 70).

Plastometrie (Ymm)			Kohlenarten (Iran. Sym- bole)	Verkokungseigen- schaften
von	bis	Mittelwert		
15	22	18	Ksh ₁₄	gut kokend
13	17	15	K ₁₃	mäßig kokend
10	12	11	K ₁₀	schwach kokend

Tabelle 15: Backvermögen der Kohle im Kerman-Becken

Die Plastometrie der Kohlenflöze der Schachtanlage Babnizu schwankt zwischen 10 - 28 mm und nimmt von Osten nach Westen mit abnehmender flüchtiger Bestandteile ab. Die mittlere Plastometrie des Flözes D₂ beträgt 15 mm und die des Flözes D₆ 20 mm. In Abb. 11 (S. 47) ist der Verlauf der Reflexion des Vitrinits, der flüchtigen Bestandteile und der plastometrischen Kurve dargestellt (vgl. Kapitel 3.1.5.6.).

Aus Abb. 16 ist ersichtlich, daß die Plastometrie der Kohlenflöze der Schachtanlage Babnizu zwischen 18 und 28 mm flüchtiger Bestandteile stark schwankt. Die zahlreichen Versuche haben ergeben, daß die Plastometrie der Kohle mit weniger als 17 % und mit mehr als 35 % flüchtigen Bestandteilen stark abnimmt, d.h. mit niedrigem und hohem Inkohlungsgrad der Kohle das Backvermögen der Kohle zurückgeht (35, 36, 37).

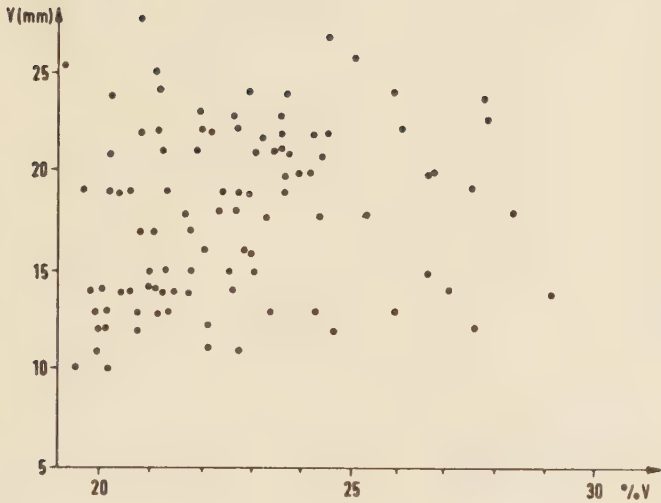


Abb. 16 Beziehung zwischen Plastometrie und flüchtigen Bestandteilen der Kohlenflöze D₂ (Babnizu)

In der Tabelle 16 zeigt sich das Vorkommen Eshkeli mit der durchschnittlich geringsten Plastometrie 11 m und das von Babnizu mit der höchsten 15 m.

Der durchschnittliche plastometrische Wert der gemischten Kohle aus allen Anlagen beträgt 13,1 mm.

Schachtanlage	Plastometrie		
	von	bis	Mittelwert
Assadabad	10	21	14
Pabdana	10	14	12
Pabdana-Süd	10	19	13
Hodjedk	10	16	12
Eshkeli	10	15	11
Saraperdeh	10	24	14
Khumrud	10	18	13
Hashuni	10	23	14
Babnizu-Ost	10	17	13
Babnizu	10	25	15

Tabelle 16: Die Plastometrie der Kohlenflöze D₂ des Kerman-Beckens

3.1.5.8. Heizwert

Dieser Wert der Kohle richtet sich vor allem nach der Verbrennungsmöglichkeit und dem dafür notwendigen Produktionsaufwand.

Für die Beurteilung einer Kohle dient sowohl der obere Heizwert (H_O) als auch der untere Heizwert (H_U). Der Unterschied zwischen diesem oberen Heizwert und dem unteren Heizwert bei der Kohle von Kerman beträgt ca. 244 kcal/kg (56).

Aus Abb. 17 ist ersichtlich, daß der Heizwert mit Zunahme der flüchtigen Bestandteile abnimmt.

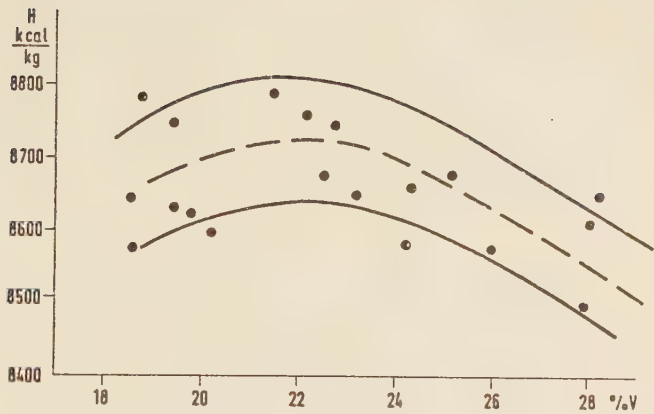


Abb. 17 Abhängigkeit des Heizwertes vom Gehalt an flüchtigen Bestandteilen (Flöz D₂, Babnizu)

Schachtanlage	oberer Heizwert H _o , kcal/kg	unterer Heizwert H _u , kcal/kg
Babnizu	8735	8532
Pabdana	8549	8224
Eshkeli	8537	8345
Hashuni	8430	8170
Babnizu-Ost	8340	8100
Hodjedk	8468	8278

Tabelle 17: Zusammenstellung der oberen und unteren Heizwerte der Kohlenflöze D₂ im Kerman-Becken

Aus den Angaben der Tabelle 17 zeigt sich, daß der mittlere Heizwert der Kermaner Kohle 8392 kcal/kg beträgt. Hierbei erreichen die oberen Heizwerte maximal 8735 kcal/kg (Babnizu) und minimal 8340 kcal/kg (Babnizu-Ost).

Diese Schwankungen der Heizwerte im Kerman-Becken lassen sich durch Veränderung von Feuchtigkeit, Aschgehalt, Inkohlungsgrad und Elementarzusammensetzung begründen (65, 35).

3.1.5.9. Aschgehalt und Zusammensetzung der Asche

Der Aschgehalt der Kohle beeinträchtigt selbstverständlich die Wirtschaftlichkeit, denn er hat einen großen Einfluß auf die Gewinnungs-, Transport- und Aufbereitungskosten. Der Herkunft nach kann unterschieden werden in (35, 36)

a) Kohleinterner Aschgehalt:

Dieser Aschgehalt ist auf anorganisches Material zurückzuführen, das während oder nach der Flözbildung in die Kohle gelangte. Dieser Anteil ist gering.

b) Kohleexterner Aschgehalt:

Toniges und sandiges Material, das als Zwischenmittel im Flöz auftritt, wurde in erster Linie während der Kohlenbildung durch Sedimentationsprozesse mit der Kohle abgelagert.

In den Kohlenflözen von Kerman sind häufig 10 - 60 mm mächtige Zwischenmittel vorhanden. Auf den Klüften dieser Sedimente treten Kalzit, Pyrit und Spateisenstein auf, Spalten sind auch mit Sandstein und Schiefertone ausgefüllt.

Unter Berücksichtigung der Kohlenverunreinigung durch Bergemittel kann der Aschgehalt in den Flözen in einzelnen Bereichen 45 % erreichen. Die Kohle aus dem Flöz D₂ wird durch relativ geringen Aschgehalt charakterisiert (von 2 - 40 %), Mittelwert 14,32 %

(Tabelle 18). Der Aschegehalt ergibt sich im allgemeinen dadurch, daß ein Kohlenflöz mächtige Zwischenmittel und auch schwaches ("scheinbares") Hangendes bzw. Liegendes besitzt. Daher können bei der Gewinnung das Hangende und das Liegende nicht leicht aus- halten lassen. Außerdem wird bei gleichzeitigem Abbau und Versetzen der Kohlenaschegehalt erhöht.

Der durchschnittliche Aschegehalt (A^C) wird wie folgt berechnet (68):

$$A^C = \frac{m_1 \cdot \gamma_1 \cdot A_1 + m_2 \cdot \gamma_2 \cdot A_2 + \dots + m_n \cdot \gamma_n \cdot A_n}{m_1 \gamma_1 + m_2 \gamma_2 + \dots + m_n \gamma_n}$$

A^C = Aschegehalt %
 m = Flözmächtigkeiten
 γ = spez. Gewicht

In Babnizu setzt man in der Praxis 3 - 5 % als Korrektur dazu (Erfahrungswert). Der Aschegehalt der Kohlenflöze im Babnizu-Berg- werk ist unregelmäßig und schwankt sowohl im Streichen als auch senkrecht dazu.

Man rechnet im Kerman-Kohlenbecken mit einem durchschnittlichen Aschegehalt von 17,6 %. Der Tabelle 18 kann entnommen werden, daß der maximale Aschegehalt 40 % beträgt. Durch Aufbereitung kann der Aschegehalt herabgesetzt werden.

Schachtanlage	Aschegehalt (%)		
	von	bis	Mittelwert
Assadabad	5,7	33,6	12,8
Babnizu	2,0	40,0	14,32
Saraperdeh	4,6	36,4	16,4
Eshkeli	5,81	37,2	16,66
Hashuni	8,20	32,4	18,23
Hodjedk	5,0	21,5	18,5
Khumrud	6,1	37,56	18,56
Pabdana	6,0	40,0	24,62

Tabelle 18: Aschegehalte der Kohle im Kerman-Becken

In der Asche sind eine Reihe von bedeutsamen Bestandteilen enthalten (73, 68, 70).

Es handelt sich dabei einerseits um den Schefelgehalt der Asche, andererseits um die Bestandteile, die den Ascheschmelzpunkt erniedrigen, also MgO , CaO , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O . Die Verhältnisse des Hauptflözes D_2 aus Babnizu und dem von Eshkeli sind in Tabelle 18 aufgeführt.

Die Summe der 9 Oxide beträgt bei den meisten Aschen vom Kerman-Kohlenbecken mehr als 97%, jedoch weniger als 100 Gewichtsprozent; z.B. in Babnizu 99,1 % und in Eshkeli 97,72 % (Tabelle 19). Die Differenz zu 100 Gewichtsprozent ist darauf zurückzuführen, daß die Bilanz der Spurenelemente fehlt. Die Spurenelemente Cu, Zn, Sn, Ni, Ti, Ba, Rb, P, Sr (Anteile unter 0,1 %), kommen in der Kohle des Flözes D_2 der Schachtanlage Babnizu vor. Rubidium ist mengenmäßig recht gleichmäßig verteilt, während Phosphor und Strontium starke Unterschiede je nach Probennahme zeigen.

Schachtanlage	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	TiO_2	$K_2O + Na_2O$
Babnizu	36,0	25 8	15,6	10,2	5,2	3,9	0,23	2,6
Hashuni	45,28	27,8	10,7	3,1	2,16	4,62	0,44	4,62

Tabelle 19: Zusammensetzung der Asche

3.1.5.10. Feuchtigkeitsgehalt

Sowohl das Schüttgewicht, als auch die Lagerfähigkeit und die Transportkosten werden durch die Mengen des in der Kohle enthaltenen Wassers beeinflusst. Das Wasser liegt in der Kohle in verschiedenen Bindungsformen vor (35, 36):

- Grobe Feuchtigkeit
- Hygroskopische Feuchtigkeit
- Wasser als Hydrat

Bei grober Feuchtigkeit ist das Korn von einem Wasserfilm umhüllt. Mit steigender Korngröße nimmt der relative Wassergehalt ab.

Die Rohkohle des Kerman-Beckens enthält eine grobe Feuchtigkeit von 2 - 4 %.

Bei hygroskopischer Feuchtigkeit befindet sich das Wasser in den Kapillaren der Kohle und kann erst durch Erhitzung auf 106° C entfernt werden (42, 43).

Die dritte Möglichkeit ist gegeben, wenn das Wasser an die Mineralien der Begleitstoffe chemisch gebunden ist.

Die hygroskopische Feuchtigkeit liegt für die Kohle des Kerman-Beckens zwischen 0,3 - 0,8 %. Mit zunehmender hygroskopischer Feuchtigkeit steigen die flüchtigen Bestandteile und die Abnahme des Kohlenwertes zur Verkokung beginnt.

Die Kohle mit dem geringeren Inkohlungsgrad besitzt die größere Fähigkeit, Feuchtigkeit an sich zu ziehen. Wenn die hygroskopische Feuchtigkeit der Kohle mehr als 1 % beträgt, beginnt die Kohle zu oxidieren. Der Gesamtwassergehalt ist die Summe aus der groben und der auf die Rohkohle bezogenen hygroskopischen Feuchtigkeit.

$$w = W_g + W_h \cdot \frac{100 - W_g}{100}$$

w = gesamter Wassergehalt (in Gew. %)

W_g = grobe Feuchtigkeit (in Gew. %)

W_h = hygroskopische Feuchtigkeit (in Gew. %)

Der Gesamtwassergehalt der Kohle im Kerman-Becken liegt bei 3 - 5 %.

Bei feiner Kohle wird sogar bis zu 8 % Wasser hinzugesetzt, um den Verlust der Kohle beim Transport mit dem LKW möglichst niedrig zu halten.

3.1.6. Sonstige interne Faktoren Staub (Explosions-, Silikosegefahr)

Die Fettkohlenflöze und Nebengesteine der Schachthanlage Babnizu sind durch starke tektonische Störungen und den Abbauvorgang zerbröckelt. Bei der Gewinnung fällt die Kohle auf die Versatz-Böschung und rutscht durch die Schwerkraft in die Förderrolle. Von dort aus kommt sie direkt in die Förderwagen. Bei größerer Höhe der Förderrolle entsteht meist eine Staubwolke.

Je mehr Kohle aus einem Betrieb gefördert wird, um so notwendiger ist eine wirksame Staubbekämpfung, denn durch Silikose- und Staubexplosionsgefahr sowie geringe Sichtwerte ist die Arbeit nur unter schweren Bedingungen zu leisten.

Es wurden in Babnizu folgende Staubbekämpfungsmaßnahmen durchgeführt:

- a) Die ganze Förderrolle wurde mit Holzbrettern dicht verschalt.
- b) Von der Ladestelle aus wird die Kohle in ein ca. 20 m langes Rohr geleitet.
- c) Das Rohr wird nicht ganz entleert.
- d) An der Ladestelle wurden Wasserberieselungs-Einrichtungen geschaffen.
- e) Täglich wird die gesamte Förderstrecke abgespritzt.
- f) Staubmasken.

Die Explosivität des Kohlenstaubes wurde in einem Forschungsinstitut in Karaganda (Zentralgeologisches Institut Kasachstan) erforscht (84, 68).

Folgende explosionsbeeinflussende Faktoren wurden festgestellt:

- a) Gehalt an Vitrinit und Liptonit
- b) Gehalt an Pyrit
- c) Oxidationsgrad
- d) Inkohlungsgrad

Als ein Nennwert zur Darstellung der Explosivität wurde die Summe der aktiven Komponenten gewählt.

$$A_k = V_t + L + Fe_2S$$

$$A_k = \text{Aktive Komponenten}$$

$$V_t = \text{Vitrinit}$$

$$L = \text{Liptonit}$$

$$Fe_2S = \text{Pyrit}$$

Flöz	Zahl d. Proben	Summe der akt. Komponenten % von bis Durchschn.			Flüchtige Be-standt. %	Reflexi-on 10 R	Inkohl. Grad (Kate-gorie)	Explosi-onsgrad (Kate-gorie)
D ₂	35	58	82	70	20 - 26	90 - 97	IV	III
D ₆	14	52	82	67	22 - 29	89 - 92	III-IV	III

Tabelle 20: Explosivitätsgrad des Kohlenstaubes in der Schachtanlage Babnizu

Kategorie	Aktive Komponenten
I	bis 45 %
II	45 - 60 %
III	60 - 80 %
IV	80 %

Tabelle 21: Einstufung der aktiven Komponenten (Karaganda-Institut)

Mineralinhalt %							
Gesteinsart	Gesteinsserie	Zahl der Probenentnahmen	freier Quarz	Feldspäte	Glimmer	Tonhaltige Mineralien	Verwachsungs-quarz
1	2	3	4	5	6	7	8
Sandstein	Sandsteinserie J ₂ dsh	4	$\frac{12-30}{18}$	$\frac{40-75}{60}$	$\frac{3-8}{5}$	$\frac{2-10}{5}$	$\frac{8-20}{12}$
Sandschiefer		3	$\frac{10-15}{12}$	$\frac{25-45}{35}$	$\frac{10-20}{15}$	$\frac{25-45}{38}$	-
Sandstein	Die schuppige Sandsteinserie J ₂ gm ₂	4	$\frac{10-20}{15}$	$\frac{30-55}{40}$	$\frac{12-20}{15}$	$\frac{2-8}{5}$	$\frac{20-32}{25}$
Sandschiefer		3	$\frac{8-14}{12}$	$\frac{28-45}{35}$	$\frac{16-30}{20}$	$\frac{22-43}{33}$	-
Sandstein	Kohle-Zwischenmittel im Flöz D ₂ , J ₂ gm ₁	4	$\frac{12-25}{20}$	$\frac{40-60}{50}$	$\frac{3-10}{5}$	$\frac{2-9}{5}$	$\frac{15-25}{20}$
Sandschiefer		5	$\frac{16-20}{16}$	$\frac{35-50}{40}$	$\frac{8-20}{14}$	$\frac{25-35}{30}$	-
Sandstein	Tonschiefer-Sandschiefer-Serie mit mariner Fauna, J ₂ bb	5	$\frac{40-60}{50}$	$\frac{20-30}{25}$	$\frac{5-15}{10}$	$\frac{5-15}{10}$	$\frac{3-8}{5}$
Sandschiefer		5	$\frac{20-35}{30}$	$\frac{35-55}{40}$	$\frac{7-15}{10}$	$\frac{5-15}{10}$	-

Tabelle 22: Silikatgehalte der Nebengesteine von Flözgruppe D₂

Die Kohlenflöze D_2 und D_6 der Schachtanlage Babnizu (Tabelle 20) enthalten zu 70 und 67 % aktive Komponenten und besitzen nach Tabelle 21 die dritte Stufe der Explosivität des Kohlenstaubes.

Die Explosivität des Kohlenstaubes in Pabdana (70) kann nach ihrem Anteil an aktiven Komponenten in drei Gruppen aufgeteilt werden:

- a) Die Kohlenflöze D_2 , D_5 , D_{11} , die bis zu 60 % aktive Komponenten enthalten, gehören zur Kategorie II (mäßig explosiv).
- b) Die Kohlenflöze D_4 und D_6 , die 65 - 70 % aktive Komponenten enthalten, gehören zur Kategorie III (explosiv).
- c) Die Kohlenflöze D_3 und D_9 , die über 80 % aktive Komponenten enthalten, gehören zur Kategorie IV (stark explosiv).

Das Problem der Silikosegefahr in der Schachtanlage Babnizu wurde durch petrographische Untersuchungen von Probestücken, die bei den Untertage-Arbeiten entnommen wurden, bearbeitet. Die durchgeführten Untersuchungen im Gebiet von Babnizu haben gezeigt, daß trotz geringer lithologischer Unterschiede die Sandsteine und die Sandschiefer immer über 10 % freien Quarz enthalten (Tabelle 22). Der durchschnittliche freie Quarzgehalt liegt bei Sandstein zwischen 15' und 50 % und bei Sandschiefer zwischen 12 und 16 %.

Daraus muß entnommen werden, daß die Gefahr einer Silikose-Erkrankung für die Bergleute relativ groß ist.

•

3.2. Lagerstätten-unabhängige Faktoren (externe Parameter)

3.2.1. Hydrogeologische Verhältnisse der Lagerstätten von Babnizu und Pabdana

a) Grundwasser

Folgende wasserführende Schichten sind im Kerman-Becken gefunden worden:

- Quartär
- Dasht Khakas-Serie
- Obere Khumrud-Serie
- Untere Khumrud-Serie
- Babnizu-Serie
- Nizar-Serie

Die Ausbildung dieser Serien ist bereits in Abschnitt 1.1. behandelt worden.

Quartär: Diese Sedimente sind durch geringe Wasserführung gekennzeichnet. Außerdem schwankt der Grundwasserstand mit den Jahreszeiten. Die Durchlässigkeit der Sedimentschichten ist wegen ihres inhomogenen Aufbaus so hoch, daß nur wenig Wasser gespeichert wird.

Dasht Khaks-Serie: Diese Serie führt sehr wenig Wasser. In Babnizu wurden 0,01 - 0,11 l/sec und in Pabdana 1,7 l/sec gemessen. Die Durchlässigkeit wurde mit 0,004 m/Tag ermittelt.

Obere Khumrud-Serie: Die Wasserabgabe dieses Horizonts schwankt auf der Schachthanlage Babnizu zwischen 0,01 und 0,08 l/sec, in Schachthanlage Pabdana beträgt sie ca. 1,1 l/sec. Die Durchlässigkeit erreicht Werte zwischen 0,01 und 1,1 m/Tag.

Untere Khumrud-Serie: Diese wasserreiche Schicht erstreckt sich über die gesamten Zentralteile der Schachthanlage Babnizu und verläuft entlang der Kohlenflözgruppe D. Die Breite dieses Horizontes beträgt 115 - 120 m im Osten und 200 - 220 m im Westen. In Babnizu wurde der Wasserzufluß mit 1 - 1,6 l/sec ermittelt; in der Schachthanlage selbst beträgt er sogar 8,1 l/sec. Die Durchlässigkeit der Serie liegt bei 0,37 m/Tag.

Über die Babnizu-Serie und die Nizar-Serie liegen keine verwertbaren Daten vor.

Auswirkungen der Wasseraustritte auf den Grubenbetrieb

Die Größe des möglichen Wasseraanfalls im Grubensystem während des größtmöglichen Arbeitsfortschritts wurde von den Geologen der NISC wie folgt angegeben (Tabelle 23):

Schachtanlage Babnizu		Schachtanlage Pabdana	
Sohle m	Wassermengen $\frac{m^3}{h}$	Sohle m	Wassermengen $\frac{m^3}{h}$
2530	3,14	2550	67
2440	11	2400	148
2340	22	2250	207
2240	30	2100	273
2150	38		
2100	34,8		

Tabelle 23: Wasserzufluß in Bohrungen bei Babnizu und Pabdana

Aufgrund des relativ geringen regelmäßigen Zuflusses und des relativ geringen Vorrates an Grundwasser kann erwartet werden, daß die Perioden hohen Zuflusses von kurzer Dauer sein werden. Lediglich im Bereich von Störungszonen kann es zu erheblichen direkten Wasserzuflüssen kommen. Hier ist besondere Vorsicht geboten.

b) Qualität des Wassers

Aus den Ergebnissen zahlreicher Analysen von Wasserproben aus den Gebieten Pabdana und Babnizu ergeben sich folgende Qualitätsmerkmale:

- Oberflächenwasser: Süß oder brackig, mit einem Inhalt an festen Teilen von 100 bis 1790 mg/l. Die Härte reicht von 3,5 bis 17 mg/Äqu, d.h. die Wasserhärte reicht von mittel bis sehr hart. Die Reaktion ist alkalisch (p_H 7,7 bis 9,3).
- Grundwasser: Süß, der Feststoffanteil schwankt zwischen 187 und 882 mg/l. Das Wasser ist weich bis mäßig hart. Die Reaktion ist ebenfalls alkalisch (p_H 7,65 bis 9,6).

Beim Schachtablauf in Babnizu wurde der Ausbau mit Portlandzement (83, 23, 68) durchgeführt. Wegen der Aggressivität des Grundwassers traten jedoch im Beton Risse auf. Daraufhin wurde der erste Ausbau durch einen neuen mit Hüttenzement ersetzt, da dieser Zement von Sulfationen nicht angegriffen wird. Dieser Ausbau hat sich bisher bewährt.

c) Probleme der Wasserversorgung

Die Bevölkerung und die Mine von Babnizu können ihren Wasserbedarf nicht aus natürlichen Quellen decken, wie schon in Abschnitt 1.1. angedeutet worden ist. Zur Zeit werden täglich etwa 1000 m³ Wasser mit hohen Kosten aus Rigabad mit Tankwagen herangeschafft.

Mit Zunahme des Tiefbaus werden jedoch Wasserzuflüsse von 60 - 70 m³/h erwartet, die einer Wasseraufbereitung übertage zugeführt werden sollen und einen weiteren Teil des Bedarfs decken werden.

Bei der zu erwartenden Verdoppelung der Jahresförderung auf 300.000 t und nach der Inbetriebnahme der Schachtanlage Babnizu-Ost wird auch der Wasserbedarf entsprechend steigen, so daß dann mit einer Selbstversorgung nicht mehr zu rechnen ist, Bohrungen nach Wasser haben bisher noch keinen Erfolg gehabt.

Der Wassertransport mit LKW's ist teuer, aber auch wegen der Verkehrsbehinderung und der klimatischen Verhältnisse außerordentlich ungünstig. Für die NISC wird deshalb der Wassertransport durch eine Pipe-line von Rigabad nach Babnizu vorteilhaft sein, Pabdana hat

keine Wasserprobleme, da sowohl in der Schachtanlage als auch in deren Umgebung genügend Quellen gefunden werden konnten.

3.2.3. Verwitterungszonen

Die Verwitterung der Kohle im Kerman-Becken wurde nur bis in relativ geringe Tiefe von 15 bis 20 m beobachtet.

Die Qualität der Kohle in den Verwitterungszonen basiert auf den Untersuchungen der Proben, die aus den 20 Abbaubetriebpunkten der Schachtanlage Babnizu entnommen wurden. Die Ergebnisse der Verwitterung der Kohle sind aus Tabelle 22 sichtbar.

Aufgrund der Auswirkungen der Verwitterung der Kohle kann man 3 Zonen unterscheiden:

a) Obere Zone:

Diese Zone ist 2 bis 10 m tief, die Kohle besteht aus relativ hoher hygroskopischer Feuchtigkeit (Tabelle 24), sowie vielen flüchtigen Bestandteilen und Huminsäure, dagegen keine Verkokungsfähigkeit.

b) Mittlere Zone:

Hier beträgt die vertikale Mächtigkeit 4 bis 5 m und die Kohle hat eine mittlere hygroskopische Feuchtigkeit (1,2 - 3,6 %); noch relativ viel flüchtige Bestandteile, aber schon deutlich weniger Huminsäure, jedoch noch keine Verkokungsfähigkeit.

c) Untere Zone:

In dieser Zone ist die Kohle brüchig und schwarz. Die Verkokungsfähigkeit ist schwach. Die vertikale Mächtigkeit beträgt 5 - 10 m, die hygroskopische Feuchtigkeit ist gering und der Gehalt an Huminsäure gleich Null.

Verwitterungs- zonen	Tiefe der unteren Grenze (m)	Hygroskop. Feuchtigkeit (%)	Flüchtige Be- standteile (%)	Menge Humin- säure(%)	Backfä- higkeit (mm)				
	Abbau- vertikale punkt Mächtigkeit 19	Abbau- Schwan- punkt kungen 19	Abbau- Schwan- punkt kungen im ge- samten Bereich	Abbau- Schwan- punkt kungen 19	Abbau- punkt 19				
Obere Zone	8	2-10	7,13	3,8-8	29	27-40	13,6	5-14	0
Mittlere Zone	13	4-5	2,59	1,2-3,6	21	20-37	0,54	0,4-1,5	0
Untere Zone	17	5-10	0,42	0,15-0,9	20	18-36	sehr wenig	schwach	76

Tabelle 24: Qualitätsmerkmale der Kohle von Babnizu (in Abbaupunkt 19) in Verwitterungszone

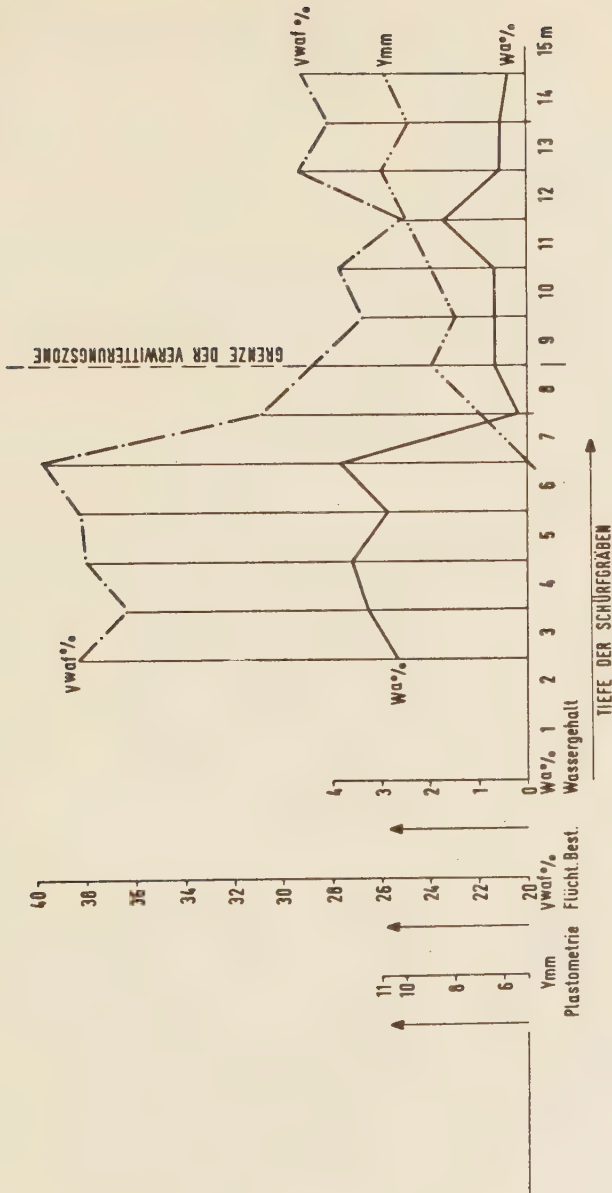


Abb. 18 Chemisches und physikalisches Verhalten des Flözes D₂ der Schachanlage Khumrud

Die Tiefe der unteren Zone liegt im ganzen Gebiet der Verwitterungszone bei 6 - 26 m, in den meisten Abbaupunkten beträgt die Mächtigkeit aller 3 Verwitterungszonen 15 - 17 m.

Das Grubenbild (Abb. 20) zeigt, daß die unterste Grenzlinie der Verwitterungszone in 20 m Tiefe liegt.

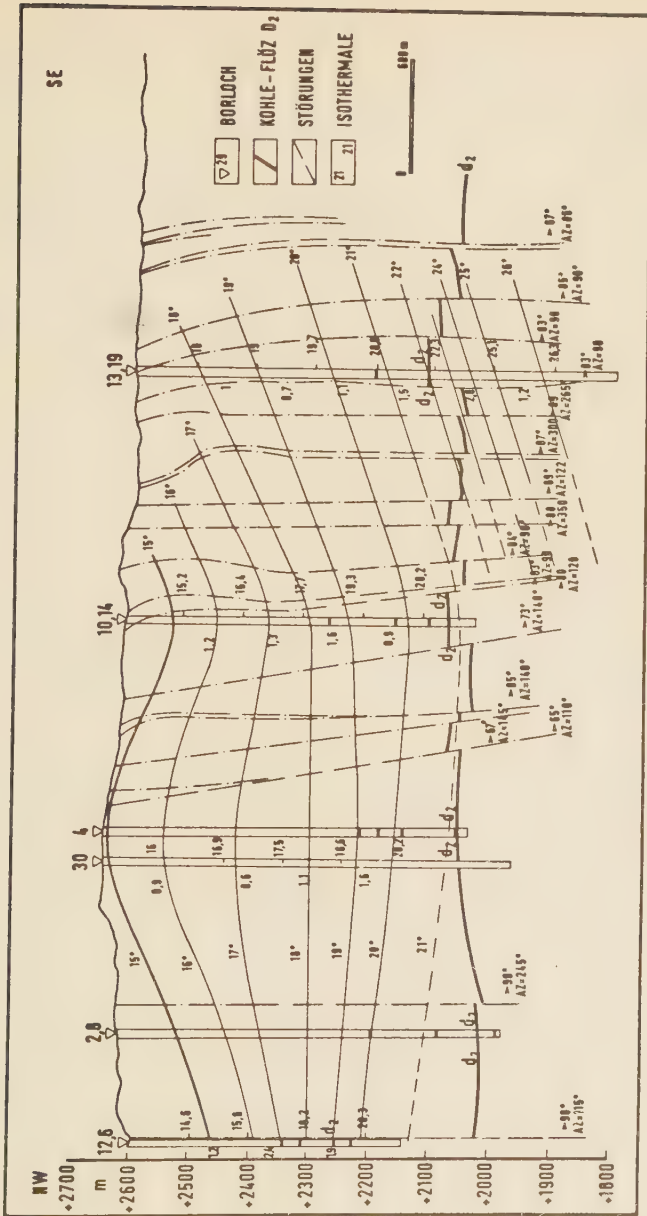
Grundsätzlich kann man nicht sagen, daß die Verwitterungslinie im ganzen Gebiet die gleiche Bedeutung aufweist. Die praktischen Erfahrungen haben gezeigt, daß die Kohle aus der unteren Zone trotz ihrer schwachen Backfähigkeit unter Mischung von hochbackfähiger Kohle abgebaut werden kann.

Die Kohle, die in den Verwitterungszonen liegt, kann man zu Verbrennungszwecken verwenden. Aus diesem Grund wird sie zu den Reserven gezählt.

In Khumrud wurden im Abstand von 1 m Tiefe Proben entnommen, wie aus Abb. 18 ersichtlich ist. Anfänglich sind die hygroskopische Feuchtigkeit und die flüchtigen Bestandteile groß und die Plastometrie gleich Null. Ab 6 m Tiefe erhöht sich die Plastometrie bis zu 13,5 m Tiefe und erreicht dort eine Plastometrie von 10 mm. In dem hier als Beispiel angegebenen Abbaupunkt wurde bis zu 9 m unter der Oberfläche die Kohle der Verwitterungszone abgebaut und die gewonnene Kohle mit hochbackfähiger Kohle vermischt.

3.2.3. Geothermische Verhältnisse

Die geothermischen Verhältnisse des Kerman-Beckens wurden mit Hilfe zahlreicher Tiefen-Bohrlöcher untersucht. Die Ergebnisse der Temperaturmessungen der 10 Bohrlöcher der Schachtanlage Babnizu (68) sind in Abb. 19 angegeben. Die geothermische Tiefenstufe beträgt 55 m/°C im westlichen (Bohrung 12 und 6) und 90 m/°C im östlichen Teil (Bohrung 13 und 19).



Die geothermische Tiefenstufe im gesamten Kerman-Becken schwankt zwischen 44 und 90 m/°C (im Durchschnitt 55 m/°C).

Die voneinander abweichenden geothermischen Tiefenstufen kann man durch unterschiedliche Inkohlungsgrade der Kohle, chemische Vorgänge bei der Gebirgsbildung, Einfallen der Gebirgsschichten, tektonische Verhältnisse und unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit der Gesteine erklären (84, 68). Es kann erwartet werden, daß die Gesteinstemperaturen bis hinab zu 500 m Tiefe 24° C nicht überschreiten. Deshalb erfordern die Arbeitsbedingungen auf keiner Sohle Maßnahmen zur künstlichen Kühlung der Wetter, die in die Grube geleitet werden.

3.3. Technologische Faktoren

3.3.1. Wahl der Abbauverfahren in der Schachtanlage Babnizu

Zum besseren Verständnis der Wahl des Abbauverfahrens soll hier nochmals eine kurze Auflistung der geologischen Verhältnisse gegeben werden:

- a) Die Kohlenflöze der Schachtanlage Babnizu fallen im NW-Block mit 65 - 80^g und in den anderen Blöcken mit 85 - 95^g ein.
- b) Die Mächtigkeit von Flöz D₂ beträgt im Mittel 2,27 m, schwankt jedoch zwischen 0,5 und 8,23 m. Flöz D₆ mit 0,9 m durchschnittlicher Mächtigkeit weist Schwankungen zwischen 0,5 und 4,20 m auf. Diese Variationen der Mächtigkeit treten in kürzeren Abständen auf.

Die Flöze werden nach ihrer Mächtigkeit in drei Abbaublöcke unterteilt: In den westlichen Block, den zentralen und den östlichen Block.

- c) Im Zentralblock wird das Flöz D_6 in eine Oberbank und eine Unterbank (D_6^u und D_6^o) durch ein bis zu 2,5 m starkes Zwischenmittel getrennt.

Der Abstand zwischen den Flözen D_6 und D_2 schwankt zwischen 9 und 40 m.

- d) Die Flöze sind durch eine Vielzahl von Verwerfungen unterbrochen und somit oft in Teilstücke von 50 bis 100 m Streichen der Länge zerlegt.
- e) Im Hangenden und im Liegenden der Flöze treten bis zu 0,8 m mächtige Tonschiefer mit unreiner Kohle als scheinbares Hangendes und scheinbares Liegendes auf. Für solche Lagerungsverhältnisse ist der Firstenschrägbau mit schwebendem Verhieb als anpassungsfähiges Verfahren am besten geeignet (14, 15). Das zeigen die Erfolge, die in der vergangenen 5 Jahren damit gemacht wurden.

Demnach müssen auch die Nachteile des Verfahrens genannt werden:

- a) Lade- und Förderarbeit für Kohle und Versatz müssen von Hand erfolgen.
- b) Die große Zahl von Abbaubetriebpunkten erschwert die Organisation von Abbau und Förderung und führt zu einer Dezentralisierung des Betriebes.
- c) Hoher Zeit- und Kostenaufwand für die Herstellung der Förderrollen.
- d) Geringer Abbaufortschritt bei relativ großem Abstand von Sohle zu Sohle, beträchtliche Schäden durch Gebirgsdruck und erhöhte Unfallgefahr.

Als besondere Vorteile sollen genannt werden:

- a) Die Schwerkraft kann für die Abforderung und das Einbringen des Versatzes genutzt werden.
- b) Die Möglichkeit der fast vollständigen Gewinnung der Lagerstätten sowie des Klaubens im Abbau.
- c) Selektiver Abbau.

Über das Firsten-Schrägbau-Verfahren haben Brandts (11), Braune (12), Fulst (25), Lehmann (57), Mielles (66), Rothfuchs (79), Rolshoven (78), Dorstewitz (14), Fritzsche (23, 24), Glebe (28, 29, 30), Eisenmenger (16) ausführlich berichtet.

Aus diesem Grunde wird darauf verzichtet, Einzelheiten zu beschreiben. Es wird nur auf die speziellen Abwandlungen in Babnizu eingegangen.

3.3.1.1. Ausrichtung

Das derzeit gebaute Feld der Schachthanlage Babnizu ist durch drei Stollen aufgeschlossen. Von diesen Stollen aus werden jeweils drei Förderstrecken parallel zum Generalstreichen der Kohlenflöze in festem Sandstein aufgefahren. Die eigenen Abstände der Sohlen betragen von unten nach oben 90 bzw. 60 m. Der horizontale Abstand der Sohlen zu den Flözen schwankt zwischen 15 und 20 m. Wie später eingehend erläutert wird, verursacht ein zu großer Abstand Abbauverluste. Deshalb werden parallel zwischen Flöz und Sohlen Abbau-strecken in einer Entfernung von 6 bis 8 m zum Flöz aufgefahren. Dieser Abstand hat sich bei Untersuchungen in mehreren Streckenabschnitten mit verschiedenen Entfernungen zum Flöz als besonders geeignet zur Beherrschung des Gebirgsdruckes erwiesen.

Der lichte Querschnitt der Förderstrecken beträgt im östlichen Teil $5,6 \text{ m}^2$ und im Westen ca. 12 m^2 . Er richtet sich nach den Kohlenvor-

räten und auch nach den Fördermengen. Im östlichen Teil sind sowohl die Vorräte als auch die Förderung gering.

Im westlichen Teil wurden zwei Tagesschächte abgeteuft, die 1977 in Betrieb genommen werden, um die Gewinnung der tiefliegenden Bereiche der Flöze zu ermöglichen (Abb. 19).

3.3.1.2. Vorrichtung

Aus den erwähnten Sohlen heraus werden zwei Gesteinsberge mit einem lichten Querschnitt von 2,5 m und einer Steigung von 35^g angefahren, um an das Flöz heranzukommen. Der Abstand zwischen diesen Gesteinsbergen beträgt je nach der Flözmächtigkeit und den geologischen Verhältnissen 20 bis 40 m. Das Problem des Aufhauens wird auf drei verschiedene Arten gelöst:

- a) Von den beiden Gesteinsbergen aus werden nach rechts und links zwei Streben mit einem Böschungswinkel von 50^g hergerichtet. Der Böschungswinkel ist am Anfang mit ca. 30^g etwas flacher, weil damit größere Gewinnungsverluste vermieden werden können. Sind nur wenige geologische Störungen vorhanden und ist das Nebengestein fest, so wird die Herstellung des Überbruchs von unten nach oben durchgeführt.
- b) Bei brüchigem Nebengestein und in der Nähe von tektonischen Störungen wird der Überbruch von oben nach unten gefahren, ein Verfahren, das sehr zeitraubend und arbeitsintensiv ist, aber aus Sicherheitsgründen angewandt wird.
- c) Eine andere Möglichkeit der Herstellung des Aufhauens ist die Auffahrung eines Querhiebs aus der Abbaustrecke bis zum Flöz. Von hier aus wird mit einer Großlochbohrmaschine der Überbruch aufwärts hergestellt.

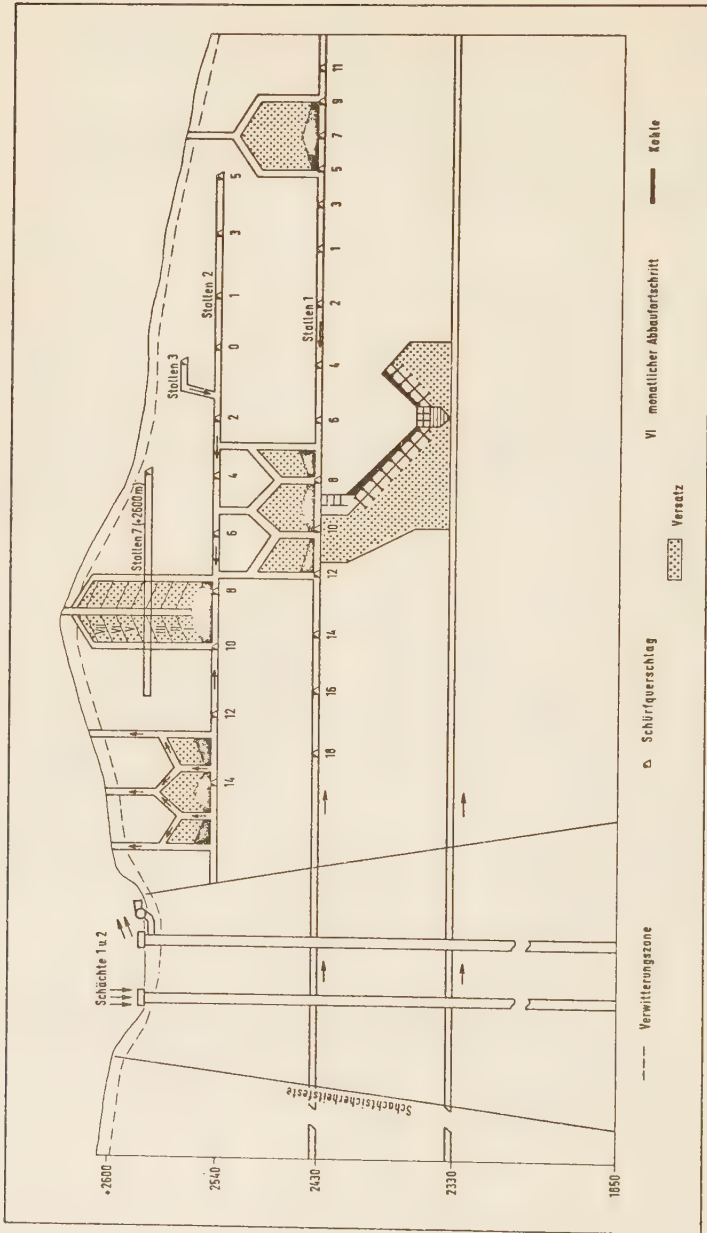


Abb. 20 Grubenbild der Schachtanlagen Babnizu

Der Durchmesser dieses Großbohrloches beträgt 0,6 m. Es wird später auf 1 m Breite und 1,5 m Länge erweitert.

Mit diesem letztgenannten Verfahren wurden bisher die besten Ergebnisse hinsichtlich der Sicherheit und der Bewetterung erzielt. Außerdem wird damit im Vergleich zur konventionellen Art eine 2,5- bis 3-fache Leistung erzielt. Aufgrund der positiven Erfahrungen mit Großbohrlochgerät SK 4 sind neue Maschinen bestellt worden, mit denen Überbrüche bis zu einer Länge von 150 m hergestellt werden können.

Die bis jetzt benutzten Maschinen haben den Nachteil, beim Übergang von Kohle in Zwischenmittel völlig zu versagen und Bohrungen nur bis zu einer Länge von 60 m zuzulassen.

3.3.1.3. Abbau

Die Abbaufont wird einflügelig oder zweiflügelig angelegt, je nach der Flözmächtigkeit und den geologischen Verhältnissen. Die Länge der Abbaufont liegt bei einflügeligem Abbau zwischen 10 und 35 m und bei zweiflügeligem Abbau zwischen 25 bis 65 m und beträgt im Durchschnitt 25 und 50 m. Die Versuche mit längeren Abbaufonten sind aus sicherheitstechnischen Gründen gescheitert, da die Flözmächtigkeit sich stark ändert und sowohl Hangendes als auch Liegendes oft sehr schlecht sind. Außerdem konnte rechnerisch festgestellt werden, daß eine Abbaufontverlängerung keinen Einfluß auf den Schichtenaufwand hat.

Die Abbaufont wird in der Regel von einem Punkt des Überbruchs aus in Angriff genommen. Die Gewinnung kann jedoch bei großer Fontlänge auch noch von einem zweiten Punkt aus erfolgen, wenn es sich um eine mittelmäßige Mächtigkeit (1,5 - 3 m) sowie um gutes Hangendes und Liegendes handelt.

Die günstigsten Erfahrungen wurden mit einem Böschungswinkel von 50° gemacht. Versuche mit größeren Winkeln scheiterten an der schlechten Verteilung des meist inhomogenen Versatzgutes, das zwischen 15 und 20 % Tonsubstanz enthält. Bei kleinerem Winkel rutschte das in der Regenzeit leicht feuchte Gut nicht gleichmäßig genug ab. Das führte zu erhöhtem Schichtenaufwand.

Es wurden Versuche gemacht, Scheiben von 1,4 m Dicke abzubauen. Diese Versuche sind jedoch wegen mangelnder Arbeitssicherheit gescheitert. Als optimal hat sich eine Scheibenstärke von 0,9 m erwiesen, wobei auch der Versatz in diesem Abstand folgt. Bei einer Stempel­länge von 1,8 m und dem obengenannten Abbaufortschritt bleiben also immer noch 0,9 m zur Fahrung, Transport und Wetterführung.

Für den Ausbau wird Holz verwendet. Bis zu einer Mächtigkeit von 2 m wird mit einer Kappe und zwei Stempel, bis etwa 3,8 m mit einer Kappe und drei Stempel ausgebaut. Bei Mächtigkeiten über 3,8 m wird zur besseren Beherrschung des Hangenden und des Liegenden die Kohle in Streifen von 2 m Breite abgebaut (80). Der Ausbau erfolgt dann senkrecht zur Abbaufront und der Abstand der Stempel beträgt 0,7 m.

A Schichtenaufwand im Streb in Abhängigkeit von den Flözmächtigkeiten

Zur Berechnung des geringsten Schichtenaufwandes wurde eine quadratische Regressionsfunktion verwendet.

$$S_A = A_0 + A_1 M_1 + A_2 M^2$$

S_A = Schichtenaufwand (Schichten pro 100 t)

M = Mächtigkeit (m)

A = Regressionskoeffizienten

Bei der Auswertung der Zahlenunterlagen von 140 Betriebsmonaten ergaben sich als Darstellung der Regressionsgleichung für den zwei­flügeligen Abbau (Abb. 21):

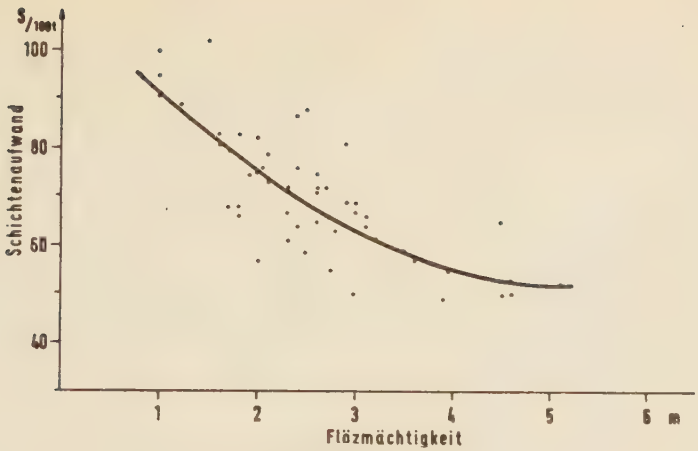


Abb. 22 Schichtenaufwand im Streb in Abhängigkeit von der Flözmächtigkeit - einflügeliger Abbau -

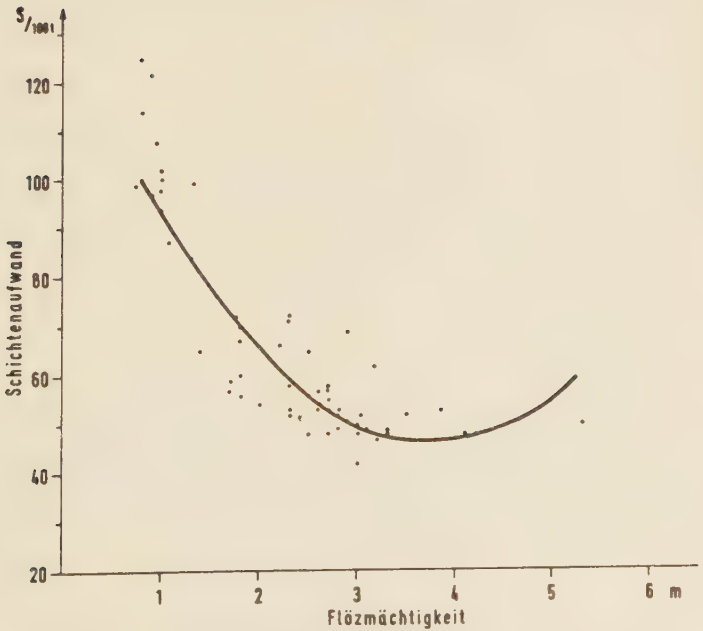


Abb. 21 Schichtenaufwand im Streb in Abhängigkeit von der Flözmächtigkeit - zweiflügeliger Abbau -

Die Gleichung lautet:

$$S_A = 134 - 0,46 M + 0,61 \cdot 10^{-3} \cdot M^2$$

Durch Differenzieren der Regressionsgleichung ergibt sich:

$$S_{A \text{ optimal}} = 46 \text{ S/100 t bei } M = 3,77 \text{ m}$$

Beim einflügeligem Abbau wurde innerhalb der in der Praxis vorkommenden Mächtigkeiten kein Optimum erreicht, der Schichtenaufwand sinkt stetig mit Zunahme der Mächtigkeit (Abb. 22). Die empirische Gleichung dafür lautet

$$S_{A1} = 110 - 0,225 M + 0,211 \cdot 10^{-3} \cdot M^2$$

Bei zweiflügeligem Abbau ist ein Schichtenaufwand bis zu 46 s/100 t zu erreichen, wenn die Flötmächtigkeit 3,77 m beträgt. Oberhalb und unterhalb dieser Mächtigkeit steigt der Schichtenaufwand erheblich an. Z.B. bei 0,8 m Mächtigkeit liegt er schon bei 100 s/100 t; bei 5 m Flözmächtigkeiten beträgt er 59 s/100 t.

Aus diesen Feststellungen kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß mit der Methode des zweiflügeligen Abbaus auch Flöze größerer Flözmächtigkeit noch wirtschaftlich abzubauen sind, vorausgesetzt, daß man den Schichtenaufwand als Hauptkriterium für die Wirtschaftlichkeit ansehen darf.

B Strebfrontlänge

Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Streblänge, Förderleistung etc. wurde der Korrelationskoeffizient dieser Variablen berechnet. Dieser Korrelationskoeffizient zwischen zwei Variablen X und Y berechnet sich nach der Formel (53)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

r = Korrelationskoeffizient zwischen Variablen x und y

$\bar{x}$, $\bar{y}$ = Mittelwerte von x bzw. y

n = Anzahl der Wertpaare

x_i , y_i = Wertpaare der Variablen x , y

Die Korrelationsanalyse zeigt, daß die Streblänge bei zweiflügeligem Abbau kaum Einfluß auf die Förderleistung hat ($r = 0,1$). Die Flözmächtigkeit zeigt ebenfalls keinen direkten Zusammenhang mit der Streblänge ($r = 0,04$). Beim einflügeligen Abbau scheinen die Verhältnisse etwas anders zu liegen: Der Korrelationskoeffizient zwischen Abbauleistung und Streblänge ist $-0,25$, d.h. mit wachsenden Streblängen ist ein Leistungsabfall zu verzeichnen, der jedoch wegen der starken Streuung der Daten nicht quantitativ erfaßt werden kann. Ein ermittelter Korrelationskoeffizient von $0,5$ zwischen der Streblänge und der Anzahl der verfahrenen Schichten ist ein Hinweis darauf, daß bei wachsender Streblänge mehr Schichten gefahren werden mußten, um eine gleichbleibende Leistung zu erzielen.

Somit konnte auch keine optimale Streblänge berechnet werden.

Es ist eine Erfahrungstatsache, daß man bei gestörten, vor allem aber bei Verengung mächtiger Flöze nicht über $12 - 15$ m hinausgehen soll. Der Grund dafür liegt hauptsächlich darin, daß der Abbaufortschritt des Schrägbaus vor der Verbiegeschwindigkeit in den gestörten Firsten abhängig ist, die ihrerseits noch von dem Fortgang der übrigen Arbeit im Schrägbau abhängt. Die Verbiegeschwindigkeit der gestörten Firsten gibt das Maß an für die Verbiegeschwindigkeit der Gesamtheit der Firsten. Je länger aber der Schrägbau ist, desto mehr ungestörte Firsten werden in ihrer Verbiegeschwindigkeit durch die gestörten Firsten beeinträchtigt. Sind die Schrägbaue kürzer, dann ist die Wahrscheinlichkeit größer, daß der eine oder andere Schrägbau außerhalb der Störungszone liegt und schneller verhauen werden kann. Auch ist bei Strebrüchen oder bei Auslaufen einzelner Firsten der Förderausfall bei kürzerer Abbaufont längst nicht so hoch.

C Lineares Modell zur Untersuchung der Fördermengen in Abhängigkeit von Schichtenzahl, Flözmächtigkeit und Streblänge

Eine Berechnung der mittleren Leistung bei einflügeligem und zweiflügeligem Abbau zeigt eine deutlich höhere Leistung beim zweiflügeligen Abbau.

$$\text{Mittlere Leistung} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i$$

Die mittlere Strebleistung von 1971 bis 1975 folgt

Leistung für einflügelig = $L_e = 1,45 \text{ t/s}$

Leistung für zweiflügelig = $L_z = 1,66 \text{ t/s}$

Zur genaueren Untersuchung der Förderleistung von den Variablen Mächtigkeit, Streblänge, Anzahl der verfahrenen Schicht, wurde ein linearer Ansatz gewählt (53).

Da die Förderleistung ein indirektes Maß für die Gewinnungskosten sind, wurde also damit versucht, den Einfluß dieser Faktoren auf die Kosten zu quantifizieren.

$$F = A_0 + A_1 \cdot M_1 + A_2 \cdot S + A_3 \cdot T$$

F = Fördermenge (t)

A_1 = Koeffizienten

M = Mächtigkeit (m)

S = Streblänge (m)

T = Anzahl der verfahrenen Schichten

Daraus ergab sich die Formel: $F = 422 + 3,4949 \cdot m + 5,561 \cdot S + 0,9357 \cdot T$. Dieses Modell beschränkt die Variable Fördermenge mit einem goodness of fit-Wert von 76 %. Dies deutet darauf hin, daß noch andere Variable auf die Fördermenge Einfluß haben müssen. Einer dieser Faktoren dürfte erfahrungsgemäß die tektonische Beanspruchung sein.

Zur Bestimmung dieses Faktors wurden diejenigen Abbaupunkte ausgewählt, die in der Nähe von Störungszonen liegen.

Dabei zeigt sich, daß bei diesen Abbaupunkten die Abweichungen von der Regressionsfeuchte besonders groß sind. Dies gilt übrigens auch für 2 andere Abbaupunkte, in denen Brände auftraten.

Daraus ergibt sich ein deutlicher Einfluß dieser Faktoren auf die Fördermenge, der jedoch nicht quantifiziert werden kann. Die standardisierten Koeffizienten A zeigen die Höhe des Einflusses der betreffenden Variablen.

<u>Einflügelig</u>	<u>Zweiflügelig</u>
$A_1 = 0,48$	$A_1 = 0,58$
$A_2 = 0,08$	$A_2 = 0,07$
$A_3 = 0,48$	$A_3 = 0,42$

Daraus ergibt sich, daß beim zweiflügeligen Abbau die Flözmächtigkeit (Koeffizient A_1) eine größere Rolle spielt als beim einflügeligen Abbau und die Streblänge praktisch keinen Einfluß auf die Fördermenge besitzt.

D Kapazität und Lebensdauer der Schachtanlage Babnizu

Die Kapazität der Schachtanlage Babnizu bis 1977 ist mit 150.000 t verwertbare Förderung (t.v. F.) vorgesehen. Eine Erweiterung der Kapazität auf 300.000 t.v.F. ist geplant. Der Zeitraum bis zum Erreichen der vollen Kapazität ist mit 2 Jahren festgelegt.

Für 150.000 t.v.F. mußten bisher 7 Abbaubetriebspunkte ständig unterhalten werden, 1 Abbaupunkt dazu als Reserve.

Daraus ergibt sich für die Verdoppelung der Förderung eine Zahl von 14 Abbau-Betriebspunkten und zwei in Reserve.

Bei Beibehaltung der geplanten jährlichen Förderung wird die Schachtanlage Babnizu eine Lebensdauer von 32 Jahren haben.

E Gewinnbare Reserven

Die technisch gewinnbaren Reserven unterscheiden sich von den kalkulierten Kohlenvorräten dadurch, daß alle Vorräte nicht berücksichtigt werden, die durch Abbau und Gewinnung verlorengehen (18, 19, 20). Die Berechnung der Verluste in Stollen 2 (Tabelle 25) zeigen, daß in den Jahren 1971 bis 1975 von 776.000 t kalkulierter Vorräte nur 414.000 t gewonnen wurden. Die Differenz von 322.000 t entspricht einem Gesamtverlust von 43 %.

Diese Verluste entfallen auf:

- Kohlenpfeiler	11 %
- Mächtigkeitsschwankungen	14 %
- Brand und unkorrekte Auskohlung	2 %
- Störungszonen, Verminderung der Mächtigkeit unter Bauwürdigkeitsgrenzen oder Vertaulung	6 %
- Sicherheitspfeiler	10 %

Die Erfahrung hat gezeigt, daß bei Vordringen der Abbaue in größere Teufen wegen der schwierigen Bedingungen die Gesamtverluste um weitere 2 - 7 % ansteigen können.

Verluste													
Flöz Nr.	Stollen Nr.	Kalku- lato- rische Vorräte 1000 t	Kalku- lato- rische Fläche, ² 1000 m ²	Abge- bautes 1000 m ²	Förde- rung 1000 t	Förde- Pfeiler 1000 t	Gewinnung				Abbau		
							Brand und unkorrekte Auskohlung	1000 t	%	Mächtig- keits- schwän- gen	1000 t	%	Gesam- te Ver- luste 1000 t
2		776	218	135	414	82	11	19	2	101	14	46	322
													43
1		868	236	6	25	2	-	-	-	1	-	-	3
2		266	108	2	2	1	-	-	-	-	-	-	1
6		334	205	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 25: Kalkulatorische Vorräte, Gewinnung und Abbauverluste der Schachtanlage Babnizu
(1971 - 1975)

3.3.2. Möglichkeiten der Kohlenaufbereitung

Von Beginn der Förderung 1971 bis 1975 wurde die in Babnizu gewonnene Kohle direkt in die Kokerei der Stahlwerke Isfahan geschickt, da in Babnizu keine Aufbereitungsanlage zur Verfügung stand. Weil der Aschegehalt der Flöze sich ständig ändert, die Kokerei jedoch eine gleichbleibende Kohlequalität mit maximal 17 % Asche und 1,3 % Schwefel fordert, mußte als vorläufige Maßnahme ein selektiver Abbau eingeführt werden (aschereiche Teile der Flöze werden vorerst nicht abgebaut).

Das bedeutet:

- a) Stundung von Abbaupunkten bei Erreichen zu stark aschehaltiger Kohle (durch Gebirgsdruck entsteht in der Zwischenzeit viel Schaden).
- b) Stehenlassen von je 10' cm Kohle im Hangenden und im Liegenden (Erhöhung der Verluste).
- c) Kontrolle der Kohle beim Abbau (Verringerung der Betriebspunktleistungen).
- d) Auflegen von Decken und Blechen auf die Versatzböschung.
- e) Ständige Probenahme aus Hauwerk, Förderwagen und Lastwagen.
- f) Aufhaltung aschereicher Kohle zur Mischung mit höherwertiger Kohle (bei Lagerzeiten über 4 Wochen wurde die Kohle durch Oxidation entwertet).
- g) Im genannten Zeitraum wurden 524.000 t Kohle gefördert, aber nur 484.000 t gleich 92,36 % der Förderung in die Kokereien geschickt (Abb. 23).

Es entstanden also hohe Kosten aus den starken Substanzverlusten, aus den strengen Qualitätskontrollen und durch Maßnahmen zur Verhinderung von Bränden durch Selbstentzündung nach der Auskohlung.

Wegen der oben genannten technischen und wirtschaftlichen Schwierigkeiten wird eine große Aufbereitungsanlage mit einer Kapazität von 2500 t/d in Sarad, 40 km von Babnizu entfernt, gebaut, die 1979 anlaufen wird. Zwischenzeitlich war die NISC 1975 gezwungen, kurz-

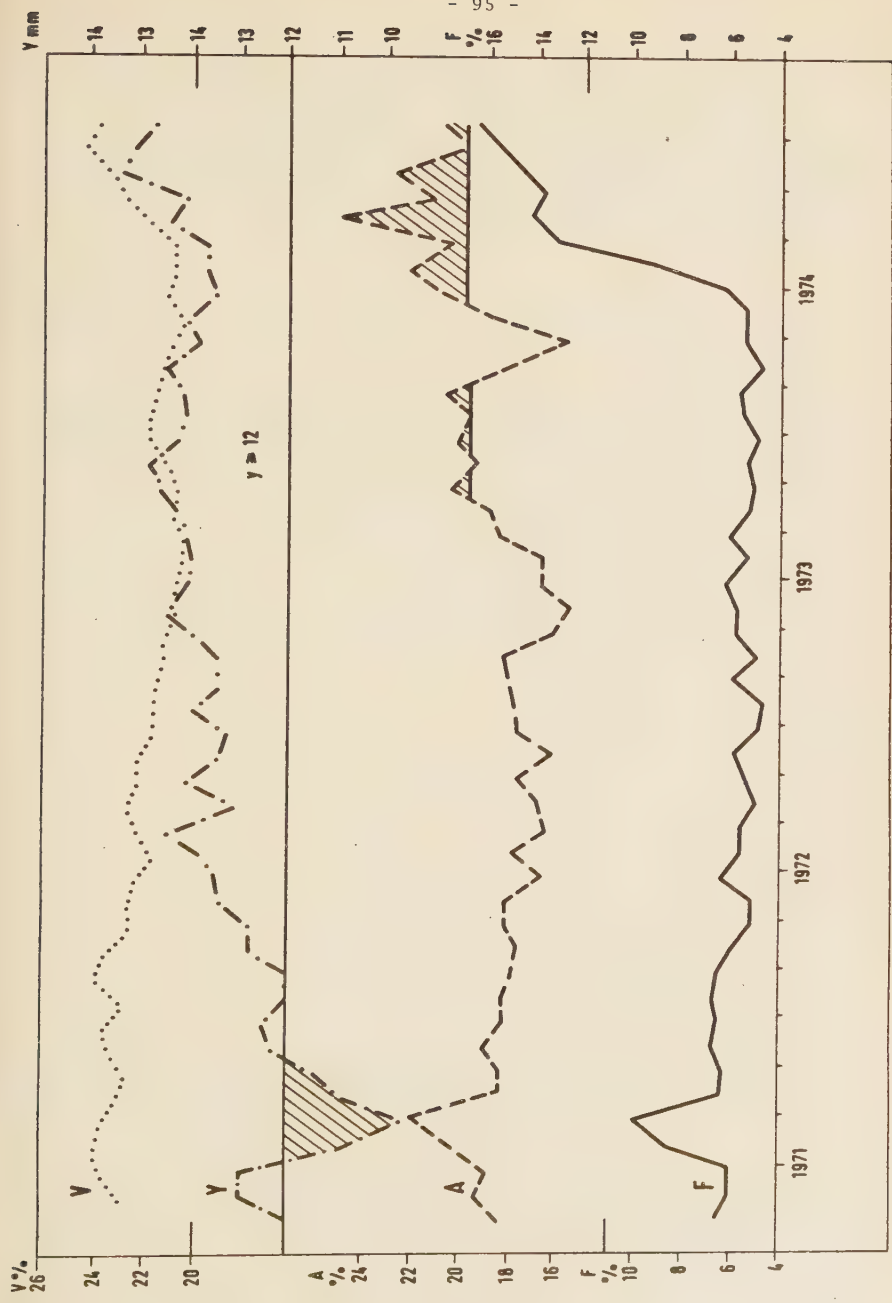


Abb. 23 Technologische Eigenschaften der Kohle von Babnizu 1971 - 1975
V = flüchtige Bestandteile, Y = Plastometrie, A = mittlerer Aschegehalt, F = Feuchtehalt

fristig eine Aufbereitung mit 600 t/d Kapazität in Rigabad in Betrieb zu nehmen. Dort werden Kohle bis 1 mm Durchmesser durch Flotation und solche mit Korngröße größer als 1 mm in Setzmaschinen sortiert. Um die Aufbereikbaarheit der Kohle zu ermitteln, werden auch zahlreiche Proben genommen und nach verschiedenen Methoden (34) in den Laboratorien in Kerman analysiert.

Siebanalyse

Abb. 24 zeigt eine Siebanalyse der Kohle von Babnizu. Für Korngrößen bis 10 mm Durchmesser wird bei Flöz D_2 ca. 90 % Durchgang erreicht, bei Flöz D_6 jedoch nur 66 %.

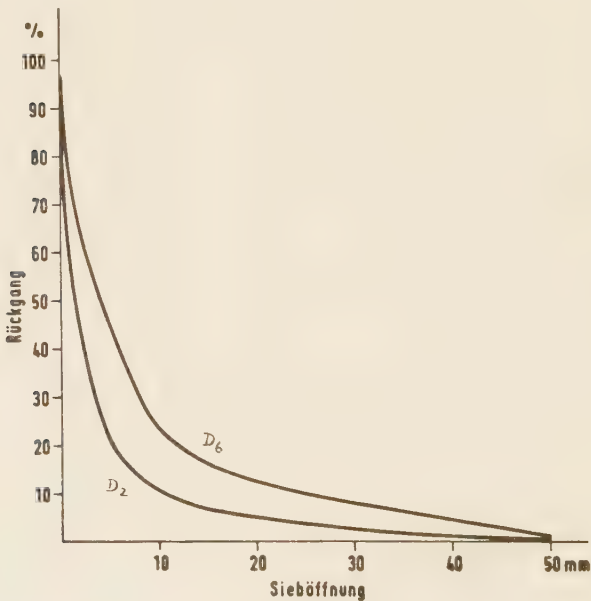


Abb. 24 Siebanalyse der Flöze D_2 und D_6 (Babnizu)

Sinkschwimmanalyse

Die Wichteanalysen wurden mit Schwertrübe von $1,3 - 1,8 \text{ g/cm}^3$ durchgeführt. Tabelle 26, 27 zeigt, daß bei einer Wichte von $1,4 \text{ g/cm}^3$ bei D_2 -Kohle 63,4 % und bei D_6 -Kohle 74,1 % Ausbringen möglich ist.

Bei $1,5 \text{ g/cm}^3$ Wichte betrug das Ausbringen bei D_2 -Kohle 72,9 % und bei D_6 -Kohle 76 %.

Aus diesen Resultaten geht hervor, daß die D_2 -Kohle schwerer aufbereitbar ist als die D_6 -Kohle.

Zahlreiche Untersuchungen haben außerdem ergeben, daß für die Aufbereitung der Kohle eine Schwertrübe mit $1,4 \text{ g/cm}^3$ günstiger ist als eine mit $1,5 \text{ g/cm}^3$, denn bei der ersteren ergaben sich Aschegehalte von nur 3,0 - 7,9 % gegenüber 5,3 - 10,3 % bei der letzteren. Der Schwefel in der Kerman-Kohle ist größtenteils als Pyrit vorhanden und ist bei der Aufbereitung wegen seiner hohen Dichte gut ausbringbar.

Körnung mm	Dichte 1,4 kg/cm ³		Dichte 1,5 kg/cm ³	
	Konzentrat	Aschegehalt	Konzentrat	Aschegehalt
50 - 25	-	-	-	-
25 - 12	1,4	3,5	1,9	8,1
12 - 1	28,3	2,2	32,3	3,7
1 - 0	33,7	3,6	38,7	3,6
Summe	63,4	3,1	72,9	5,1

Tab. 26 Ausbringen von Kohle bei Schwimm-Sink-Aufbereitung.
Flöz D₂, östlicher Teil der Schachthanlage Babnizu

Körnung mm	Dichte 1,4 kg/cm ³		Dichte 1,5 kg/cm ³	
	Konzentrat	Aschegehalt	Konzentrat	Aschegehalt
50 - 25	-	-	-	-
25 - 12	2,4	7,2	2,5	8
12 - 1	39,7	4,9	41,6	5,6
1 - 0	32,0	7,6	32,0	7,6
Summe	74,1	6,6	76,1	7,1

Tab. 27 Ausbringen von Kohle bei Schwimm-Sink-Aufbereitung.
Flöz D₆, östlicher Teil der Schachthanlage Babnizu

Flotation

Bei der Flotation von Kohle der Korngröße bis 1 mm wird ein Ausbringen von 80 - 92 % bei einem Aschegehalt von 5 - 7 % erreicht. Damit liegt der Aschegehalt der Berge über 60 %.

3.3.3. Möglichkeiten der Kohleverkokung

Die Kohle aus Flöz D₂ der Schachtanlage Babnizu kann nach der Aufbereitung ohne weitere Zusätze verkocht werden und der Koksfestigkeitswert beträgt für M₄₀ zwischen 76 - 86 % und für M₁₀ zwischen 10 - 12 %.

Diese Werte der mechanischen Eigenschaften sind günstig für die Verwendung als Hüttenkoks.

Das Stahlwerk der NISC bei Isfahan bemüht sich, die hochwertige Kohle aus Babnizu recht sparsam zu verwenden.

Die D₆-Kohle aus Babnizu, wie auch andere Kohlen aus dem Kerman-Becken und aus Nord-Iran sind nicht alle verkokbar. Deshalb mischt man sie mit der D₂-Kohle aus Babnizu, um aus dieser Mischung einen guten Hüttenkoks herzustellen.

Hierzu wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

<u>Schachtanlage</u>	<u>Flöz</u>	<u>Anteil (%)</u>	<u>Koksfestigkeitswert (%)</u>
Babnizu u. Daragor	D ₂	50	M ₄₀ : 70 - 75
Pabdana	D ₂	50	M ₁₀ : 10 - 12

Kohlenmischung im Kerman-Revier

<u>Bergwerk</u>	<u>Anteil (%)</u>
Pabdana	30
Babnizu	23
Nord-Iran	37
Deutschland	10

Beispiel einer Kohlenmischung für Hüttenkos im Iran.
Koksfestigkeitswert der Mischung $M_{40} = 70 \%$ und $M_{10} = 12 \%$

Der Anteil der Kohle aus Babnizu schwankt zwischen 15 und 25 %, der Anteil deutscher Kohle zwischen 10 und 15 %. Die Bergwerke des Kerman-Beckens liefern zur Zeit 45 - 50 % der zur Produktion von 600.000 Jahrestonnen Stahl des NISC-Stahlwerks benötigten Kohle. Bei Steigerung der Stahlproduktion auf 1,9 - 4 Mio. Jato. soll das Kerman-Becken sogar 60 - 70 % der benötigten Kohlen liefern.

4. Wertung der wirtschaftsgeologischen Parameter

4.1. Rangfolge der wirtschaftsgeologischen Parameter nach dem Einfluß auf Kosten und Erlöse

Für die wichtigsten Kosteneinflußgrößen soll nach empirischen Erfahrungen und modellrechnerischer Erkenntnisse eine Rangfolge der Kostenwirksamkeit aufgestellt werden, die wie folgt aussieht:

- a Flözmächtigkeit
- b Tektonische Störungszonen
- c Streichende Flözlänge
- d Einfallen der Flöze
- e Beschaffenheit des Nebengesteins
- f Streblänge; Teufenlagen der Flöze; Staubanteile der Kohle

Die Einzelheiten über diese Parameter in der Lagerstätte Babnizu sind im Kapitel 3.1. beschrieben.

Da die Wirtschaftlichkeit der Kohlengruben jedoch auch von der Erlössituation abhängt, soll auch eine Rangfolge der Erlöseinflußgrößen nach ihrer Wirksamkeit aufgestellt werden. Hierbei kommen in Betracht:

- a Flüchtige Bestandteile
- b Primärer Aschegehalt
- c Schwefelgehalt
- d Koksbildungsvermögen
- e Spezifische Beimengungen (P, F, Zu, A_2O_3)

Die Einzelheiten sind wieder aus Kapitel 3.1. zu entnehmen.

4.2. Qualitätsgrenzen für abbauwürdige Reserven

Für die wichtigsten Größen, die die Abbauwürdigkeit der Kohle im Kerman-Becken bestimmen, sollen noch einmal zusammenfassend die

Grenzen der Bauwürdigkeit beschrieben werden. Basis für diese Grenzen sind die Kosten bzw. Preise in 1975 und der derzeitige technische Stand.

Die Flözmächtigkeit muß allgemein mindestens 60 cm betragen. Bei Flözen unter 60 cm nimmt der Schichtenaufwand stark zu (vgl. 3.3.1.3.) die Arbeitsbedingungen sind sehr erschwert (vgl. 3.3.1.) und die Verrichtung eines Betriebspunktes erfordert zu großen Aufwand. Nur auf kurzen Zwischenstrecken oder bei besonderen lokalen Bedingungen sind Flöze zwischen 40 und 60 cm Mächtigkeit noch bedingt abbauwürdig.

Die Qualitätsgrenzen für die flüchtigen Bestandteile der Kohle liegen zwischen 17 % und 33 %. Diese Grenzen werden im Kerman-Revier durch den Verwendungszweck als Kokskohle bestimmt.

Der Aschegehalt darf keinesfalls 40 % übersteigen, da sonst vor allem die Transportkosten zur Aufbereitung und die Aufbereitungskosten selbst die Schwelle der Wirtschaftlichkeit übersteigen.

Der Schwefelgehalt in einer Kokskohle darf maximal 1,4 % betragen. Solange die Kohlen von Babnizu nicht aufbereitet werden, gilt diese Grenze. Beim Vorhandensein einer Aufbereitung liegt die zumutbare Obergrenze bei etwa 3,5 %, wobei ein Pyritgehalt einfacher entfernt werden kann als organisch gebundene Schwefel.

Die hygroskopische Feuchtigkeit sollte 1 % nicht übersteigen, da die Kohle mit höheren Werten normalerweise mindertwertig ist und als Kokskohle nicht mehr verwendet werden kann.

4.3. Verteilung der Kohlenreserven im Kohlenbecken von Kerman

Die Vorschriften der Berechnung der Kohlenvorräte des Kerman Kohlenbeckens vom 1. Januar 1970 wurden auch als Grundlage für die nachfolgende Berechnung der Vorräte der Bergwerke des Kerman-

Beckens übernommen (68, 70).

Danach wurde die Berechnung der Vorräte auf der Grundlage folgender Voraussetzungen vorgenommen:

- a) Mindestmächtigkeit der Flöze 0,5 m
- b) Höchster durchschnittlicher Aschegehalt eines Kohlenflözes: 40 %
- c) Maximaler Gesamtschwefelgehalt der Kohle: 3,5 %
- d) Die Vorräte der tektonisch stark beanspruchten Blöcke wurden nicht berücksichtigt.
- e) Wenn die Mächtigkeit der Zwischenmittel innerhalb der Kohlenflöze mehr als 1 m betrug, wurde das Flöz in zwei Flöze aufgeteilt und diese getrennt berechnet (z.B. Flöz D_6^u , D_6^o).
- f) Die gesamte Mächtigkeit der Zwischenmittel sollte nicht mehr als nur die Hälfte der Mächtigkeit eines Kohlenflözes betragen.

Für die Einteilung der Vorräte wurde die Definition nach Kategorien gewählt, wie sie in der Sowjetunion (87, 73, 18) üblich ist. Als Beispiel sei die Schachanlage Babnizu erwähnt. Die Schachanlage Babnizu wird im Westen durch die Darbid-Khun-Störung und durch den Stollen Nr. 1 begrenzt (Abb 10).

Die Berechnung der Kohlenvorräte wurde bis zu einer Tiefe von 1850 m über NN durchgeführt; die Erstreckung der Flöze oberhalb dieses Niveaus betrug zwischen 650 m im östlichen Teil der Lagerstätte und 850 m im zentralen Teil.

In diesem Areal wurden als Vorräte der Flöze D_2 , D_5^u , D_5^o , D_6^u und D_6^o insgesamt 19.361 Mill. Tonnen festgestellt (Tabelle 28).

- 17.636 Mill. Tonnen gehören zu den abbauwürdigen Reserven, allein 13.794 Mill. t davon entfallen auf Flöz D_2 .
- 1.146 Mill. t zählen zu den derzeit nicht abbauwürdigen Reserven.
- 0.579 Mill. t gehören zur Verwitterungskohle, die nur als Hausbrand genutzt wird.

Die oberhalb des Niveaus 2440 m über NN bis zur unteren Grenze der Verwitterungszone liegenden 3.818 Mill. t werden durch die Stollen

Nr. 1 und 2 abgebaut und gefördert (Tabelle 29). Die Restreserven werden durch 2 Schächte gefördert.

Flöz Nr.	Verkokbare Kohle		nicht abbau- würdig		verwitterte Kohle	Gesamt- reserven
	B	C ₁	B + C ₁	C ₁	C ₁	
D ₂	1.262	12.532	13.794	154	458	14.406
D ₅ ^u	-	212	212	374	9	595
D ₅ ^o	-	376	376	184	25	585
D ₆ ^u	-	2.736	2.736	290	80	3.133
D ₆ ^o	-	491	491	144	7	642
Gesamt	1.262	16.374	17.636	1.146	579	19.361

Tabelle 28: Kalkulierte Reserven der Schachtanlage Babnizu nach verschiedenen Kategorien, in Millionen t.

Sohlen	Flöze	D ₂	D ₅ ^u	D ₅ ^o	D ₆ ^u	D ₆ ^o	Gesamt
Zwischen Untergrenze Verwitterungszone und + 2530 m-Sohle		1233	11	47	327	37	1655
Zwischen + 2530 m-Sohle und + 2440 m-Sohle		154	63	42	423	95	2163
Zwischen + 2440 m-Sohle zur + 2430 m-Sohle		2060	63	50	493	127	3793
Zwischen + 2430 m-Sohle und / 1850 m-Sohle		8961	75	237	152	232	11025
Gesamt		13794	212	376	2763	491	17636

Tabelle 29: Vorräte der einzelnen Sohlen nach Aufschlüssen der Exploration der Schachtanlage Babnizu in tausend t

Die gesamten kalkulierten Vorräte des Kerman-Beckens betragen bis jetzt 243, 26 Mill. t (Tabelle 30). Hiervon sind ca. 40 - 50 % derzeit abbaufähig. Eine Tagesförderung von 8000 t ist geplant.

Die Explorationsarbeit geht weiter und man schätzt die Vorräte einschließlich geologischer Reserven im Kerman-Revier auf 320 Mill. t mit ca. 165 Mill. t abbaufähigen Reserven, so daß eine Tagesförderung von 12.000 t Kohle erreicht werden kann.

Schachtanlage	Abbauwürdige Flöze	Kohlenarten	Kalkulierte Reserven (Mill. t, alle Kategorien)
Babnizu	D_2, D_5^u, D_5^o D_6^u, D_6^o	Fettkohle	19,361
Babnizu-Ost	D_1, D_2, D_9	Fett- und Eßkohle	8,200
Hodjedk	$D_1, D_2, D_6^u,$ D_6^o	Fett-Mager-Kohle	12,200
Eshkeli	$D_1, D_1^1, D_2,$ D_3, D_6	Fettkohle	14,500
Daregor	$D_2, D_3, D_5,$ D_6, D_8, D_9	Fett-Mager Kohle	24,256
Saraperdeh	D_2, D_3, D_5	Fettkohle	20,779
Pabdana	$D_2, D_3, D_4, D_5,$ D_6, D_9, D_{11}	Gas- und Fettkohle	64,242
Pabdana-Süd	$D_2, D_4^u, D_4^o,$ D_5, D_6	Fett-Magerkohle	6,860
Hashuni	D_2, D_4, D_6^u	Fett-Eß-Kohle	25,938
Khumrud	D_2, D_5, D_9	Fettkohle	40,000
Assadabad	D_2	Fettkohle	12.000
Gesamt			243,261

Tabelle 30: Kohlenreserven im Kerman-Becken

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Kohlenvorkommen nordwestlich von Kerman sind die wichtigste einheimische Basis für die Koksherstellung zur Eisen- und Stahlerzeugung im Iran. Die Förderkapazität der Grubenbetriebe soll von derzeit 300.000 auf 2,4 Mio t/Jahr erhöht werden. Als Beitrag zur Bewertung der Kohlenflöze im Kerman-Becken sind in dieser Arbeit alle wichtigen Parameter zur Feststellung der Bauwürdigkeit untersucht worden.

Ausgehend von den beiden derzeit im Abbau stehenden Gruben Babnizu und Pabdana wurde festgestellt, daß einige Flöze der Flözgruppe D (Unter Khumrud-Serie des Dogger) von besonderer Wichtigkeit sind.

Es handelt sich dabei insbesondere um das Flöz D_2 und mit Einschränkungen um die Flöze D_6^u , D_6^o lokal und auch um die Flöze D_1 , D_3 , D_4 , D_5^u , D_5^o , D_7 , D_9 , D_{11} .

Wichtigster Parameter ist die Flözmächtigkeit. Die mittlere Mächtigkeit von Flöz D_2 in Babnizu beträgt 2,27 m. Eine Modellrechnung ergab für den zweiflügeligen Abbau eine optimale Flözmächtigkeit von 3,77 m bei einem Schichtenaufwand von 46 Schichten pro 100 t Förderung. Als Bauwürdigkeitsgrenze wurde eine Flözmächtigkeit von 0,6 m bestimmt. Nur unter bestimmten Bedingungen sind auch Flöze zwischen 0,4 m und 0,6 m abbauwürdig.

Der Einfluß einiger Parameter auf die Förderleistung wurde rechnerisch untersucht.

Die ermittelten Korrelationskoeffizienten zeigen den großen Einfluß der Flözmächtigkeit, während beispielsweise die Streblänge nur geringeren Einfluß auf die Förderleistung hat.

Deutlicher dagegen ist der Zusammenhang zwischen Kostenaufwand und dem Auftreten tektonischer Störungszonen. Als Rangfolge der Parameter nach ihrer Kostenwirksamkeit ergab sich:

Flözmächtigkeit
Tektonische Beanspruchung
Streichende Baulänge der Flöze
Flözeinfallen
Art des Nebengesteins
Streblänge, Teufenlage, Staubanteile der Kohle

Die Qualität der Kohlen im Kerman-Becken ist sehr inhomogen.

Die Qualitätsmerkmale beeinflussen auch direkt die Bauwürdigkeit und damit auch die Erlössituation.

Einige Parameter sind besonders kostenwirksam:

Entscheidend für die Verkokbarkeit ist der Gehalt der Kohle an flüchtigen Bestandteilen. Als Minimalgehalt sind 17 %, als Maximalgehalt 35 % ermittelt worden. Der Aschegehalt der Kohle beeinflusst sowohl die Abbaukosten als auch die Aufbereitungs- und Transportkosten. Für die Kohle aus Kerman wurde eine zulässige Höchstgrenze von 40 % Aschegehalt ermittelt.

Der Schwefelgehalt der Kohle darf ohne Aufbereitung 1,4 % nicht übersteigen. Wenn die Aufbereitung erfolgt, liegt diese Obergrenze bei ca. 3,5 %.

Neben den lagerstättenkundlichen Parametern wurden auch die technischen Parameter behandelt. Das geeignete Abbauverfahren, Firstenschrägbau mit schwebendem Verhieb, wurde diskutiert. Die Abbauluste lagen in den letzten Jahren bei 43 % und werden beim Vordringen in größere Tiefen bis 50 % steigen.

Große Probleme bestehen im Revier vor allem bei der Wasserversorgung.

Abschließend wurde noch auf die Gefahren der Grubengase, der Staubexplosionen und der Silikose eingegangen.

Einzelheiten über Lagen der Flöze, über Abbaustrecken, über Betriebspunkte und Probenahmepunkte sind den ausgewählten Profilen und Grubenkarten zu entnehmen.

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Adler, F.: Die Steinkohle, Energiehandbuch, Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig
- (2) Atlas für angewandte Steinkohle, Petrographie, Abschnitt 11,2, S. 277
- (3) Bachmann, H.: Über die Zulässigkeit der geologisch-ökonomischen Bewertung von Lagerstätten mineralischer Rohstoffe, Zeitschrift für angewandte Geologie 1, S. 45/5
- (4) Baier, E.: Das Iranische Binnenland östlich des Beckens Nain-Jesd. N. Jb. f. Miner. etc., Beil.-Bd. 83 (1940), Abt. C, S. 46 - 86
- (5) Baier, E.: Ein Beitrag zum Thema Zwischengebirge. Zbl. Miner. B, S. 385 - 399, Stuttgart 1938
- (6) Beck, K.G., Beckmann, R., Weskamp, P.W., Dressler, W.: Der Einfluß des Wassergehaltes der Koks-kohle auf die Hochtemperatur Verkokung im horizontal Kammerofen bei Schütterbetriebe. Glückauf, 100 (1964), S 839 - 852
- (7) Beer, H., Zischkale, W.: Über den Einfluß der Kokseigenschaften auf die Betriebsergebnisse des Hochofens, Stahl und Eisen 88 (1968), S. 845 - 852
- (8) Bindels, G.: Wie errechnet man heute die Bauwürdigkeit eines Flözabschnitts, Glückauf, 11 (1966), S. 510 - 515
- (9) Böhne: Die wirtschaftliche Bedeutung und Erschließung der Steinkohlevorkommen Persien. Z. Prakt. Geologie V, 40. no. 10. p. S. 148/95
- (10) Böhne: Überblick über die Erzlagerstätten Persien und derzeitigen Stand von Gewinnung und Verhüttung. Erzmetall 26, 1929
- (11) Brandts, R.H.: Betriebskonzentration in der steilen und halbsteilen Lagerung. Schlägel und Eisen 1950, S. 3
- (12) Braune, H.: Schrägbau unter schwierigen Verhältnissen, Archiv f. Bergb. Forschung 2 (1941), Nr. 2, S. 62/70
- (13) Diehl, E.: Beitrag zur Kenntnis der Erzfundstellen des Iran. Schweiz miner. Petrog. 24 net. 1. 333/71. Zürich 1944
- (14) Dorstewitz, G.: Welche Einflüsse bestimmen heute die Wahl von Abbauverfahren, Glückauf 1973, S. 467/74
- (15) Dorstewitz, G.: Bemerkenswerte anbautechnische Entwicklungsrichtungen im Westdeutschen Erzbergbau. Montan-Rundschau, Sonderheft (1964), S. 140/47

- (16) Eisenmenger, K. und Koeppen, H.: Gesichtspunkte für die Anwendung verschiedener Böschung- und Verhiebartens beim Schrägbau. Glückauf 93 (1957), S. 1/16
- (17) Ernst, G.: Schichtenaufwand und Schichtenleistung im Steinkohlenbergbau (1952), S. 65/69
- (18) Fettweis, G.: Über Abbau und Gewinnungsverluste des Ruhrbergbaus, Glückauf 47/48 (1954), S. 1530/34
- (19) Fettweis, G.: Über die Steinkohlenvorräte im niederrheinisch-westfälischen Gebiet und ihre Nachhaltigkeit, Glückauf (1955), S. 493/506
- (20) Fettweis, G.: Die Substanzverluste durch Zechenstillegungen, Glückauf 45/46 (1954), S. 1448/50
- (21) Firtz: Die Kohlenlagerstätten der Sowjetunion, Glückauf (1957), S. 380/86
- (22) Fritzsche, C.H.: Lehrbuch der Bergbaukunde, 1. Teil, 10. Auflage (1961), Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg
- (23) Fritzsche, D.H.: Lehrbuch der Bergbaukunde, 2. Teil, 10. Auflage (1961), Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg
- (24) Fritzsche, D.H.: Zur Einführung. Archiv f. Bergbauforschung 2 (1941), Nr. 2, S. 31
- (25) Fulst, F.: Abbau eines steilen mächtigen Flözes im südfranzösischen Bergbauggebiet von St. Etienne. Bergbau-Rundschau 8 (1956), S. 494/98
- (26) Gansser, A.: New Aspects Of The Geology In Zentral Iran World Petrol Congr. 4th Rome (1955), S. 279/300
- (27) Gansser, A.: Außerlpine Ophiolithprobleme: Eclogae Geological Helvetia 52 (1959), 2, S. 659/80
- (28) Gelebe, E.: Arbeitsanschluß für steile Lagerung. Glückauf 87 (1951), S. 561
- (29) Gelebe, E.: Arbeitsanschluß für steile Lagerung. Glückauf 88 (1952), S. 75
- (30) Gelebe, E. und Gremmler, E.: Neuzeitliche Gestaltung des Abbaus steilgelagerter Steinkohlenflöze. Glückauf 71 (1935), S. 245, 269, 293
- (31) Gocht, W.: Der metallische Rohstoff Zinn, Produktion und Marktverhältnisse auf dem Weltmarkt. Duncker & Humboldt, Berlin 1969

- (32) Gocht, W.: Die Aufgabe der modernen Wirtschaftsgeologie. Erzmetall 22.6 (1969), S. 297/300
- (33) Gocht, W.: Das Energiehandbuch, Verlag Friedrich Vieweg & Sohn, Braunschweig 1975
- (34) Gründer, L.: Aufbereitungskunde, Bd. 1, Hermann Hübner Verlag, Goslar 1965
- (35) Gumz, W.: Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962
- (36) Gumz, W., Kirsch, H., Mackowsky, M. Th.: Schlackenkunde. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958
- (38) Gumz, W., Neubauer: Über die Berechnung der Heizwerte aus Analysedaten. Glück auf 96 (1960), Nr. 17, 1078/80
- (39) Gunther, L.: Untersuchung des Zeitaufwandes und Kapitalaufwandes zur Errechnung neuer Bergwerksbetriebe des NE Metallerzbergbaues. Dissertation, Berlin 1973
- (40) Herbst, F.: Schaubildliche Darstellung der Leistungszahlen von Grubenbetrieben. Glück auf 13 (1928), S. 405/9
- (41) Herbst, F.: Wegweiser zur Untersuchung und Beurteilung von Lagerstätten und Bewertung von Bergwerksanlagen, Erzmetall 11 (1968), S. 502/6
- (42) Hille, E.: Über die Ermittlung des Heizwertes von Steinkohlen aus Immediatanalyse. Erdöl u. Kohle 9 (1956), Nr. 10, S. 693/96
- (43) Hille, E.: Über die Abhängigkeit des Heizwertes von Braunkohle von ihrer chemischen Zusammensetzung. Erdöl u. Kohle 10 (1957), S. 300/3
- (44) Hoffmann, P.: Die Methoden zur Bestimmung von Art und Mengen der feuchten Bestandteile der Steinkohle, Feuerungstechnik 28 (1940), H. 12, S. 276
- (45) Huck, G., Karweil: Physikalische-chemische Probleme der Inkohlung. Brennstoff. Chemische 36.1/2 (1955), S. 1 - 11
- (46) Huckriede, R., Kürstein, M., Venzlaff: Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand (Iran). Beitrag zum Geologischen Jahrbuch, Heft 51 (1962)
- (47) Internationales Lexikon für Kohlenpetrographie. Verlag Centre. National de la Recherche Scientifique, Paris 1963
- (48) Jahns, H.: Grundsätzliches zur Einteilung von Lagerstättenvorräten. Ein Vorschlag für ihre Normung. Glück auf 35/36 (1956), S. 1042/47

- (49) Kankovic, S.: Wirtschaftsgeologie der Erze. Springer-Verlag 1967
- (50) Jenker, A., Hoffmann, E.: Beitrag zur Kenntnis der Glanzkohle. Brennstoff-Chemie, 10 (1932), S. 352/56
- (51) Kantor, J.: Untersuchung zur Bestimmung der Einflüsse der streichenden Baulänge auf die Leistung im Abbau und auf den Schichtenaufwand in der Abbaustreckenunterhaltung beim Strebbau mit Hilfe der Einflußgrößenrechnung. Dissertation, Aachen 1966
- (52) Keil, F.: Zement. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1971
- (53) Kreyszig: Grundbegriffe und Hauptsätze der höheren Mathematik. Verlag w. d. Gruyter, Berlin 1944
- (54) Kühn, O.: Trias und Lias in Zentral-Iran. Zbl. Miner. etc. B. Ja. 1938, S. 75 - 88, Stuttgart
- (55) Kukuk, P.: Lehrbuch. Geologie, Mineralogie und Lagerstätten-Lehre, Dritte Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960
- (56) Lehrmann, H.: Leitfaden der Kohlengeologie. VEB Wilhelm Knapp Verlag, Halle (Saale) 1953
- (57) Lehmann, K.: Planmäßige Abbauführung. Glück auf 74 (1938), S. 321/32 und 419
- (58) Lueger Lexikon: Bergbau, IV. Band
- (59) Mackowsky, M.-Th.: Chemisch, physikalische und petrographische Untersuchungen an Kohlen, Koks und Graphiten. 1. Stand der Untersuchung, Brennst.-Chemie 30 (1948), Nr. 3/4, S. 44 - 60
- (60) Mainz, H.: Der flüchtigen Bestandteile und Gasgehalt der Steinkohle. Glück auf 80 (1944), S. 184/67
- (61) Mainz, H., Schwarzmann, H.: Beitrag zur Kenntnis des Treibvermögens von Steinkohlen. Glück auf 81/84, 27/28 (1948), S. 452/58
- (62) Mainz, H.: Die Backfähigkeitsbestimmung und ihre praktische Bedeutung. Brennstoff-Chemie 33 (1952), S. 124/29
- (63) Matel, W., Hansen, H.: Zusammenhänge und Nutzenanwendung der Ergebnisse auf Laboratorium und Praxis. Brennstoff-Chemie 5/6 (1957)
- (64) Mantel, W.: Die für die Internationale Steinkohlen-Klassifikation erforderlichen Untersuchungsverfahren mit Anwendungsbeispielen. Brennstoff-Chemie 35, Nr. 9/10, (1954), S. 136/43

- (65) Mantel, W.: Die Berechnung des oberen und unteren Heizwertes von Ruhrkohlen in Abhängigkeit von ihrem Gehalt an Reinkoks in Reinkohle. Glück auf 81/84, Nr. 3/4 (1948), S. 56/58
- (66) Miele, W.: Neue Gesichtspunkte für die wirtschaftliche Gestaltung der Ausrichtung einer Grube mit steiler Lagerung. Glück auf 94 (1958), S. 441/54
- (67) Minddendorf: Abbau eines dünnen Flözes auf der Zeche Diergardt. Glück auf (1957), S. 71/81
- (68) National Iranian Steel Corporation (Report Projekt Babnizu) 1968
- (69) National Iranian Steel Corporation (Report Projekt Babnizu) 1968
- (70) National Iranian Steel Corporation (Report Pabdana) 1968
- (71) Oele, A.P.: Untersuchungen über die Erweichung, das Blähvermögen und das Treiben im Bereich der Fettkohle. Brennstoff-Chemie 33. 13/14 (1952), S. 231/38
- (72) Petraschek, W.E.: Lagerstättenlehre. Ein kurzes Lehrbuch von den Bodenschätzen in der Erde. Springer-Verlag, Wien 1961
- (73) Petraschek, W.E.: Berechnung und Schätzung von Lagerstättenvorräten, Erzmetall 6, 1951
- (74) Petunnikow, G.: Die Kohlenreichen des Iran. Montan-Rundschau (1938), V. 30, No. 20, P., S. 1 - 6
- (75) Pilgerim, G.E.: The Geology of Parts of the Persian Provinces of Fars, Kerman and Laristan Min. Geol. Survey India 48. 1925, H.2, S. 129
- (76) Rech, H.: Untersuchung der Zuverlässigkeit der Bewertung von Lagerstätten nutzbarer Rohstoffe und Abteilung einer erweiterten Klassifikation der Vorräte. Zeitschrift für angewandte Geologie 4/1954, S. 166/72
- (77) Reuther, E., Bassier, H.: Bergbau in Iran. Glück auf 20 (1975), S. 988/94
- (78) Rolshoven, H.: Möglichkeiten der Betriebszusammenfassung in steiler Lagerung. Glück auf 87 (1951), S. 577/91
- (79) Rolshoven, H.: Forderung in steil gelagerten Flözen. Glück auf 86 (1950), S. 149/62
- (80) Sabojnikow: Backvermögen der Steinkohke, National Iranian Steel Corporation. Report (1968)
- (81) Schneider, H. H.: Neue Angaben über die Mineralreichtümer Persiens und Notizen über die Gegend westlich von Zendjan. Jb. Geologie Reichsanstalt 31 (1881), S. 169/90

- (82) Schmoll, G.: Kurzgefaßte Darstellung des Erzbergbaus im Siegerland (1957)
- (83) Seidel, K.: Handbuch für das Zementlabor. Bauverlag GmbH. Wiesbaden, Berlin 1964
- (84) Skotschiski, A.A., Komarow, W.B.: Grubenbewetterung. VEB Verlag Technik, Berlin 1956
- (85) Stahl, A.F.: Persien. Handbuch der Regionalen Geologie, V., Bd. 6, Heidelberg 1911
- (86) Stahl, A.F.: Die Steinkohle Persiens, Chemicker Zeiten V. 17, No. 89, P. 1896
- (87) Stamberger, F.: Zur Rohstoffbasis der Sowjetunion. Zeitschrift für angewandte Geologie 1 (1959), S. 234/38
- (88) Stoles, B.: Wahl und Beurteilung von Abbauverfahren im Bergbau. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1958
- (89) Stöcklin, J.: Längnäre Formationen und Salzdome im Ost-Iran. Eclogae. Geologicae Helvetiae 54 (1961), S. 1 - 27
- (90) Stöcklin, J.: Structural history and tectonic of Iran. Thr. Amer. Ass. of Petr. geol. Bull. 52 (1968) No. 7, S. 1229/58
- (91) Tillessen, R.: Führt die weitere Entwicklung die Abbautechnik zu kürzeren Streben. Glück auf-Forschungshefte 6 (1966), S. 269/72
- (92) Tillessen, R.: Wirtschaftliche Überlegungen zur Flözauswahl im Steinkohlenbergbau. Glück auf 100 (1964), S. 627/32
- (93) Venzlaff, H., Kürsten, M., Huckriede, R.: Steinkohle-, Eisenerzlagerstätten und Hydrogeologische Verhältnisse des Kerman-Gebietes, IRAN, S. 206, Hannover 1961 (unveröffentl. Bericht)
- (94) Zahedi, P.: Lagerstättenkundliche Untersuchung des Kupfer-vorkommens von Chahar-Gonbad im südöstlichen Iran. Dissertation, Berlin 1972

Lebenslauf

Am 12. Dezember 1934 wurde ich als Sohn des Rechtsanwaltes Asdoalah und seiner Ehefrau Katai in Lahidjan/Iran geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Ciaikel und des Mathematischen Gymnasiums in Teheran bestand ich 1956 die Abiturprüfung.

Nach 5 Semestern Studium der Mathematik an der Teheraner Universität kam ich nach Deutschland und begann mit der praktischen Bergbauausbildung im Ruhrgebiet. Im Sommersemester 1960 nahm ich das Studium des Bergbaus an der Technischen Universität Berlin auf und legte dort im Oktober 1963 die Diplom-Vorprüfung für Bergbau ab.

1965 setzte ich das Studium an der Montanistischen Hochschule Leoben fort und legte im Juni 1967 die Diplom-Hauptprüfung für Bergbauingenieure ab.

Seit September 1967 habe ich in verschiedenen Bergwerken der National Iranian Steel Corp. im Kerman-Becken gearbeitet. Im Jahre 1971 wurde ich zum Betriebsleiter befördert, diesen Posten hatte ich bis Mai 1975 inne, anschließend wurde ich mit den Aufgaben eines Betriebsdirektors betraut.

Parallel zu meiner Arbeit im Iran bin ich seit dem WS 1974/75 an der Freien Universität Berlin immatrikuliert, um meine Promotion zu erlangen.

